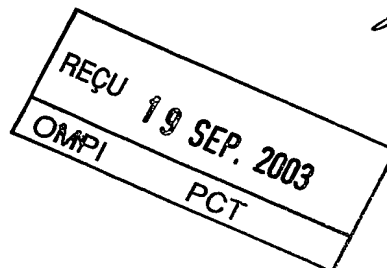


#2

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)



**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 102 37 646.8
Anmeldetag: 13. August 2002
Anmelder/Inhaber: Basell Polyolefine GmbH, Wesseling/DE
Bezeichnung: Monocyclopentadienylkomplexe
IPC: C 07 F 7/00

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 13. Februar 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Hoß

Monocyclopentadienylkomplexe

Beschreibung

5

Die vorliegende Erfindung betrifft Monocyclopentadienylkomplexe, in welchen das Cyclopentadienyl-System mindestens ein über eine spezifische Brücke gebundenes unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes, heteroaromatisches Ringsystem trägt und ein Katalysatorsystem enthaltend mindestens einen der Monocyclopentadienylkomplexe, sowie Verfahren zu deren Herstellung.

10

Außerdem betrifft die Erfindung die Verwendung des Katalysatorsystems zur Polymerisation oder Copolymerisation von Olefinen und ein Verfahren zur Herstellung von Polyolefinen durch Polymerisation oder Copolymerisation von Olefinen in Gegenwart des Katalysatorsystems und damit erhältliche Polymere.

15

Viele der Katalysatoren, die zur Polymerisation von α -Olefinen eingesetzt werden, basieren auf immobilisierten Chromoxiden (siehe z. B. Kirk-Othmer, „Encyclopedia of Chemical Technology“, 1981, Vol. 16, S. 402). Diese ergeben i. a. Ethylenhomo- und Copolymere mit hohen Molekulargewichten, sind jedoch relativ unempfindlich gegenüber Wasserstoff und erlauben somit keine einfache Kontrolle des Molekulargewichts. Demgegenüber läßt sich durch Verwendung von Bis(cyclopentadienyl)- (US 3,709,853), Bis(indenyl)- oder Bis(fluorenyl)chrom (US 4,015,059), das auf einem anorganischen, oxidischen Träger aufgebracht ist, das Molekulargewicht von Polyethylen durch Zugabe von Wasserstoff einfach steuern.

20

Wie bei den Ziegler-Natta-Systemen, ist man auch bei den Chromverbindungen seit kurzem auf der Suche nach Katalysatorsystemen mit einem einheitlich definierten, aktiven Zentrum, sogenannten Single-Site-Katalysatoren. Durch gezielte Variation des Ligandgerüsts sollen Aktivität, Copolymerisationsverhalten des Katalysators und die Eigenschaften der so erhaltenen Polymeren einfach verändert werden können.

25

So werden in EP 0742 046 die sogenannten constrained geometry Komplexe der 6. Nebengruppe, ein spezielles Verfahren zu ihrer Darstellung (via Metalltetraamiden), sowie ein Verfahren zur Herstellung eines Polyolefins in Anwesenheit solcher Katalysatoren beansprucht. Polymerisationsbeispiele sind nicht enthalten. Das Ligandgerüst besteht aus einem anionischen Donor, der mit einem Cyclopentadienylrest verknüpft ist.

30

Von K. H. Theopold et al. wird in Organomet. 1996, 15, 5284-5286, ein analoger $\{[(\text{Tert. Butylamido})\text{dimethylsilyl}](\text{tetramethylcyclopentadienyl})\}\text{chromchlorid}$ Komplex für die Poly-

40

merisation von Olefinen beschrieben. Dieser Komplex polymerisiert selektiv Ethylen. Weder Co-monomere, wie z.B. Hexen werden eingebaut, noch kann Propen polymerisiert werden.

5 Dieser Nachteil kann durch Verwendung von strukturell sehr ähnlichen Systemen überwunden werden. So beschreibt DE 197 10615 Donorligand-substituierten Monocyclopentadienylchrom-Verbindungen mit denen z.B. auch Propen polymerisiert werden kann. Der Donor ist hierin aus der 15. Gruppe und neutral. Der Donor ist über ein $(ZR_2)_n$ -Fragment an den Cyclopentadienylring gebunden, wobei R ein Wasserstoff, Alkyl oder Aryl, Z ein Atom der 14. Gruppe und $n \geq 1$ ist. In DE 196 30 580 werden spezifisch $Z = \text{Kohlenstoff}$ in Kombination mit einem Aminodonor bean-
10 sprucht.

In WO 96/13529 werden reduzierte Übergangsmetallkomplexe der Gruppen 4 bis 6 des Periodensystems mit mehrzähligen monoanionischen Liganden beschrieben. Hierzu gehören auch Cyclopentadienylliganden, die eine Donorfunktion enthalten. Die Beispiele beschränken sich auf
15 Titanverbindungen.

Es gibt nun auch Ligandsysteme, in denen die Donorgruppe rigide mit dem Cyclopentadienylrest verknüpft ist. Solche Ligandsysteme und deren Metallkomplexe werden z.B. von P. Jutzi und U. Siemeling in J. Organomet. Chem. (1995), 500, 175-185, Abschnitt 3 zusammengefaßt. M. Enders et. al. beschreiben in Chem. Ber. (1996), 129, 459-463 8-Quinoly-substituierte Cyclopentadienylliganden und deren Titan- und Zirkontrichlorid Komplexe. 2-Picolyl-cyclopentadienyltitantrichlorid in Kombination mit MAO wurde von M. Blais, J. Chien und M. Rausch in Organomet. (1998), 17
20 (17) 3775-3783 zur Polymerisation von Olefinen eingesetzt.

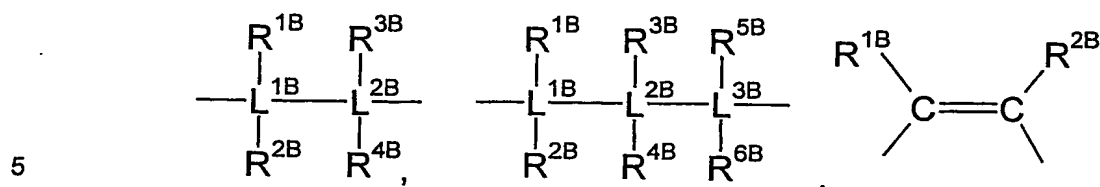
25 In der WO01/12641 sind Monocyclopentadienylkomplexe von Chrom, Molybdän und Wolfram beschrieben, welche insbesondere Chinolyl- oder Pyridyl-Donoren tragen, welche entweder direkt oder über eine C₁- oder Si-Brücke an das Cyclopentadienylsystem gebunden sind.

Der Erfindung lag die Aufgabe zugrunde weitere Übergangsmetallkomplexe auf der Basis von
30 Cyclopentadienylliganden mit einem verbrückten Donor zu finden, die für die Polymerisation von Olefinen geeignet sind. Des weiteren war die Aufgabe der Erfindung ein günstiges Verfahren zur Herstellung von derartigen Komplexen zu finden.

Demgemäß wurde Monocyclopentadienylkomplexe gefunden, die folgendes Strukturmerkmal der
35 allgemeinen Formel $(Cp)(-Z-A)_mM$ (I) enthalten, worin die Variablen folgende Bedeutung haben:

Cp ein Cyclopentadienyl-System,

Z eine Brücke zwischen A und Cp ist, ausgewählt aus der folgenden Gruppe



wobei

$L^{1B}-L^{3B}$ unabhängig voneinander Kohlenstoff oder Silizium bedeutet,

10 $R^{1B}-R^{6B}$ unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest oder SiR^{7B}_3 bedeutet, wobei die organischen Reste $R^{1B}-R^{6B}$ auch durch Halogene substituiert sein können und je zwei geminale oder vicinale Reste $R^{1B}-R^{6B}$ oder ein Rest $R^{1B}-R^{6B}$ und A auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können und

15 R^{7B} unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl oder Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest bedeutet und je zwei Reste R^{7B} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können,

A ein unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes, heteroaromatisches Ringsystem,

25 M ein Metall ausgewählt aus der Gruppe Titan in der Oxidationsstufe 3, Vanadium, Chrom, Molybdän und Wolfram und

m 1, 2 oder 3 ist.

30 Weiterhin wurde ein Katalysatorsystem enthaltend die erfindungsgemässen Monocyclopentadienylkomplexe, die Verwendung der Monocyclopentadienylkomplexe oder des Katalysatorsystems zur Polymerisation oder Copolymerisation von Olefinen und ein Verfahren zur Herstellung von Polyolefinen durch Polymerisation oder Copolymerisation von Olefinen in Gegenwart des Monocyclopentadienylkomplexes oder des Katalysatorsystems und daraus erhältliche Polymere gefunden.

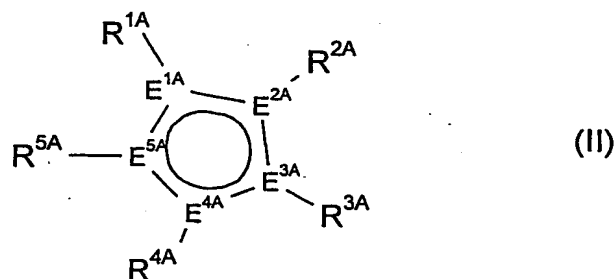
35

Die erfindungsgemässen Monocyclopentadienylkomplexe enthalten das Strukturelement der allgemeinen Formel $(Cp)(-Z-A)_mM$ (I), wobei die Variablen die obige Bedeutung besitzen. An das Metallatom M können daher durchaus noch weitere Liganden gebunden sein. Die Anzahl weiterer Liganden hängt beispielsweise von der Oxidationsstufe des Metallatoms ab. Als Liganden kommen nicht weitere Cyclopentadienyl-Systeme in Frage. Geeignet sind mono- und dianionische

40

Liganden wie sie beispielsweise für X beschrieben sind. Zusätzlich können auch noch Lewisbasen wie beispielsweise Amine, Ether, Ketone, Aldehyde, Ester, Sulfide oder Phosphine an das Metallzentrum M gebunden sein.

- 5 Cp ist ein Cyclopentadienyl-System, welches beliebig substituiert und/oder mit ein oder mehreren aromatischen, aliphatischen, heterocyclischen oder auch heteroaromatischen Ringen kondensiert sein kann, wobei 1, 2 oder 3 Substituenten, bevorzugt 1 Substituent von der Gruppe -Z-A, gebildet wird. Das Cyclopentadienyl-Grundgerüst selbst ist ein C₅-Ringsystem mit 6 π -Elektronen, wobei eines der Kohlenstoffatome auch durch Stickstoff oder Phosphor, bevorzugt Phosphor
- 10 ersetzt sein kann. Bevorzugt werden C₅-Ringsysteme ohne Ersatz durch ein Heteroatom verwendet. An dieses Cyclopentadienyl-Grundgerüst kann beispielsweise ein Heteroaromat, welcher mindestens ein Atom der Gruppe N, P, O oder S enthält oder ein Aromat ankondensiert sein. Ankondensiert bedeutet hierin, dass der Heterocyclus und das Cyclopentadienyl-Grundgerüst zwei Atome, bevorzugt Kohlenstoffatome gemeinsam haben. Bevorzugt sind Cyclopentadienylsysteme
- 15 Cp der Formel (II)



- 25 worin die Variablen folgende Bedeutung besitzen:

E^{1A}-E^{5A} Kohlenstoff oder maximal ein E^{1A} bis E^{5A} Phosphor,

- 30 R^{1A}-R^{5A} unabhängig voneinander Wasserstoff, C₁-C₂₀-Alkyl, C₂-C₂₀-Alkenyl, C₆-C₂₀-Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest, NR^{6A}₂, N(SiR^{6A}₃)₂, OR^{6A}, OSiR^{6A}₃, SiR^{6A}₃, BR^{6A}₂, wobei die organischen Reste R^{1A}-R^{5A} auch durch Halogene substituiert sein können und je zwei vicinale Reste R^{1A}-R^{5A} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können, und/oder dass zwei vicinale Reste R^{1A}-R^{5A} zu einem Heterocyclus verbunden sind, welcher mindestens
- 35 ein Atom aus der Gruppe N, P, O oder S enthält, wobei 1, 2 oder 3, bevorzugt 1 Substituent R^{1A}-R^{5A} eine Gruppe -Z-A ist und

40 R^{6A} unabhängig voneinander Wasserstoff, C₁-C₂₀-Alkyl, C₂-C₂₀-Alkenyl, C₆-C₂₀-Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest und je zwei

geminale Reste R^{6A} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können.

In bevorzugten Cyclopentadienylsystemen Cp sind alle E^{1A} bis E^{5A} Kohlenstoff.

5

Zwei vicinale Reste R^{1A} - R^{5A} können jeweils mit den sie tragenden E^{1A} - E^{5A} , einen Heterocyclus, bevorzugt Heteroaromaten bilden, welcher mindestens ein Atom aus der Gruppe Stickstoff, Phosphor, Sauerstoff und/oder Schwefel, besonders bevorzugt Stickstoff und/oder Schwefel enthält, wobei die im Heterocyclus, bzw. Heteroaromaten enthaltenen E^{1A} - E^{5A} bevorzugt Kohlenstoffe sind. Bevorzugt sind Heterocyclen und Heteroaromaten mit einer Ringgrösse von 5 oder 6 Ringatomen. Beispiele für 5-Ring Heterocyclen, welche neben Kohlenstoffatomen ein bis vier Stickstoffatome und/oder ein Schwefel- oder Sauerstoffatom als Ringglieder enthalten können, sind 1,2-Dihydrofuran, Furan, Thiophen, Pyrrol, Isoxazol, 3-Isotiazol, Pyrazol, Oxazol, Thiazol, Imidazol, 1,2,4-Oxadiazol, 1,2,5-Oxadiazol, 1,3,4-Oxadiazol, 1,2,3-Triazol oder 1,2,4-Triazol. Beispiele für 6-gliedrige Heteroarylgruppen, welche ein bis vier Stickstoffatome und/oder ein Phosphoratom enthalten können, sind Pyridin, Phosphabenzol, Pyridazin, Pyrimidin, Pyrazin, 1,3,5-Triazin, 1,2,4-Triazin oder 1,2,3-Triazin. Die 5-Ring und 6-Ring Heterocyclen können hierbei auch durch C_1 - C_{10} -Alkyl, C_6 - C_{10} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-10 C-Atomen im Arylrest, Trialkylsilyl oder Halogenen, wie Fluor, Chlor oder Brom, Dialkylamid, Alkylarylamid, Diarylamid, Alkoxy oder Aryloxy substituiert oder mit ein oder mehreren Aromaten oder Heteroaromaten kondensiert sein. Beispiele für benzokondensierte 5-gliedrige Heteroarylgruppen sind Indol, Indazol, Benzofuran, Benzothiophen, Benzothiazol, Benzoxazol oder Benzimidazol. Beispiele für benzokondensierte 6-gliedrige Heteroarylgruppen sind Chroman, Benzopyran, Chinolin, Isochinolin, Cinnolin, Phthalazin, Chinazolin, Chinoxalin, 1,10-Phenanthrolin oder Chinolizin. Bezeichnung und Nummerierung der Heterocyclen wurde aus Lettau, Chemie der Heterocyclen, 1. Auflage, VEB, Weinheim 1979 entnommen. Die Heterocyclen/Heteroaromaten sind mit dem Cyclopentadienyl-Grundgerüst bevorzugt über eine C-C-Doppelbindung des Heterocyclus/Heteroaromaten kondensiert. Heterocyclen/Heteroaromaten mit einem Heteroatom sind bevorzugt 2,3- oder b- anneliert.

30

Cyclopentadienylsystemen Cp mit einem kondensierten Heterocyclus sind beispielsweise Thiapentalen, 2-Methylthiapentalen, 2-Ethylthiapentalen, 2-Isopropylthiapentalen, 2-n-Butylthiapentalen, 2-tert.-Butylthiapentalen, 2-Trimethylsilylthiapentalen, 2-Phenylthiapentalen, 2-Naphthylthiapentalen, 3-Methylthiopentalen, 4-Phenyl-2,6-dimethyl-1-thiopentalen, 4-Phenyl-2,6-diethyl-1-thiopentalen, 4-Phenyl-2,6-diisopropyl-1-thiopentalen, 4-Phenyl-2,6-di-n-butyl-1-thiopentalen, 4-Phenyl-2,6-di-trimethylsilyl-1-thiopentalen, Azapentalen, 2-Methylazapentalen, 2-Ethylazapentalen, 2-Isopropylazapentalen, 2-n-Butylazapentalen, 2-Trimethylsilylazapentalen, 2-Phenylazapentalen, 2-Naphthylazapentalen, 1-Phenyl-2,5-dimethyl-1-azapentalen, 1-Phenyl-2,5-diethyl-1-azapentalen, 1-Phenyl-2,5-di-n-butyl-1-azapentalen, 1-Phenyl-2,5-di-tert.-butyl-1-azapentalen, 1-Phenyl-2,5-di-trimethylsilyl-1-azapentalen, 1-tert.-Butyl-2,5-dimethyl-1-azapentalen, Oxapentalen,

40

Phosphapentalen, 1-Phenyl-2,5-dimethyl-1-phosphapentalen, 1-Phenyl-2,5-diethyl-1-phosphapentalen, 1-Phenyl-2,5-di-n-butyl-1-phosphapentalen, 1-Phenyl-2,5-di-tert.-butyl-1-phosphapentalen, 1-Phenyl-2,5-di-trimethylsilyl-1-phosphapentalen, 1-Methyl-2,5-dimethyl-1-phosphapentalen, 1-tert. Butyl-2,5-dimethyl-1-phosphapentalen, 7-Cyclopenta[1,2]thiophen[3,4]cyclopentadiene oder 7-Cyclopenta[1,2]pyrrol[3,4]cyclopentadiene.

In weiteren bevorzugten Cyclopentadienylsystemen Cp bilden vier der Reste R^{1A} - R^{5A} , also zweimal je zwei vicinale Reste zusammen, zwei Heterocyclen, insbesondere Heteroaraomaten aus. Die heterocyclischen Systeme sind gleich wie weiter oben näher ausgeführt. Cyclopentadienylsysteme Cp mit zwei kondensierten Heterocyclen sind beispielsweise 7-Cyclopentadithiophen, 7-Cyclopentadipyrrol oder 7-Cyclopentadiphosphol.

Die Synthese derartiger Cyclopentadienylsysteme mit ankondensiertem Heterocyclus ist beispielsweise in der Eingangs erwähnten WO 98/22486 beschrieben. In "metalorganic catalysts for synthesis and polymerisation", Springer Verlag 1999, sind von Ewen et al., S.150 ff weitere Synthesen dieser Cyclopentadienylsysteme beschrieben.

Durch die Variation der Substituenten R^{1A} - R^{5A} , kann ebenfalls Einfluss auf das Polymerisationsverhalten der Metallkomplexe genommen werden. Durch die Zahl und Art der Substituenten kann die Zugänglichkeit des Metallatoms M für die zu polymerisierenden Olefine beeinflusst werden. So ist es möglich die Aktivität und Selektivität des Katalysators hinsichtlich verschiedener Monomere, insbesondere sterisch anspruchsvoller Monomere, zu modifizieren. Da die Substituenten auch auf die Geschwindigkeit von Abbruchreaktionen der wachsenden Polymerkette Einfluss nehmen können, läßt sich hierdurch auch das Molekulargewicht der entstehenden Polymere verändern. Die chemische Struktur der Substituenten R^{1A} bis R^{5A} kann daher in weiten Bereichen variiert werden, um die gewünschten Ergebnisse zu erzielen und ein maßgeschneidertes Katalysatorsystem zu erhalten. Als C-organische Substituenten R^{1A} - R^{5A} kommen beispielsweise folgende in Betracht: C_1 - C_{20} -Alkyl, wobei das Alkyl linear oder verzweigt sein kann, wie z.B. Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, tert.-Butyl, n-Pentyl, n-Hexyl, n-Heptyl, n-Octyl, n-Nonyl, n-Decyl oder n-Dodecyl, 5- bis 7-gliedriges Cycloalkyl, das seinerseits eine C_6 - C_{10} -Arylgruppe als Substituent tragen kann, wie z.B. Cyclopropan, Cyclobutan, Cyclopentan, Cyclohexan, Cycloheptan, Cyclooctan, Cyclononan oder Cyclododekan, C_2 - C_{20} -Alkenyl, wobei das Alkenyl linear, cyclisch oder verzweigt sein kann und die Doppelbindung intern oder endständig sein kann, wie z.B. Vinyl, 1-Allyl, 2-Allyl, 3-Allyl, Butenyl, Pentenyl, Hexenyl, Cyclopentenyl, Cyclohexenyl, Cyclooctenyl oder Cyclooctadienyl, C_6 - C_{20} -Aryl, wobei der Arylrest durch weitere Alkylgruppen substituiert sein kann, wie z.B. Phenyl, Naphthyl, Biphenyl, Anthranyl, o-, m-, p-Methylphenyl, 2,3-, 2,4-, 2,5-, oder 2,6-Dimethylphenyl, 2,3,4-, 2,3,5-, 2,3,6-, 2,4,5-, 2,4,6- oder 3,4,5-Trimethylphenyl, oder Arylalkyl, wobei das Arylalkyl durch weitere Alkylgruppen substituiert sein kann, wie z.B. Benzyl, o-, m-, p-Methylbenzyl, 1- oder 2-Ethylphenyl, wobei gegebenenfalls auch zwei R^{1A} bis R^{5A} zu einem 5- oder 6-gliedrigen Ring verbunden sein können und die organi-

schen Reste R^{1A} - R^{5A} auch durch Halogene, wie z.B. Fluor, Chlor oder Brom substituiert sein können. Des weiteren kann R^{1A} - R^{5A} Amio oder Alkoxyl sein, wie beispielsweise Dimethylamio, N-Pyrolidiny, Picoliny, Methoxy, Ethoxy oder Isopropoxy. Als Si-organische Substituenten SiR^{6A}_3 kommen für R^{6A} die gleichen Reste, wie oben für R^{1A} - R^{5A} näher ausgeführt, wobei gegebenenfalls auch zwei R^{6A} zu einem 5- oder 6-gliedrigen Ring verbunden sein können, in Betracht, wie z.B. Trimethylsilyl, Triethylsilyl, Butyldimethylsilyl, Tributylsilyl, Tritert.butylsilyl, Triallylsilyl, Triphenylsilyl oder Dimethylphenylsilyl. Diese SiR^{6A}_3 Reste können auch über einen Sauerstoff oder Stickstoff an das Cyclopentadienyl-Grundgerüst gebunden sein, wie beispielsweise Trimethylsilyloxy, Triethylsilyloxy, Butyldimethylsilyloxy, Tributylsilyloxy oder Tritert.butylsilyloxy. Bevorzugt Reste R^{1A} - R^{5A} sind Wasserstoff, Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, tert.-Butyl, n-Pentyl, n-Hexyl, n-Heptyl, n-Octyl, Vinyl, Allyl, Benzyl, Phenyl, ortho Dialkyl- oder Dichlorosubstituierte Phenyle, Trialkyl- oder Trichlorosubstituierte Phenyle, Naphthyl, Biphenyl und Anthranyl. Als Si-organische Substituenten kommen besonders Trialkylsilyl-Gruppen mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest in Betracht, insbesondere Trimethylsilyl-Gruppen.

Beispiele für derartige Cyclopentadienylsysteme (ohne die Gruppe -Z-A-, diese sitzt hierbei bevorzugt in der 1-Position) sind 3-Methylcyclopentadienyl, 3-Ethylcyclopentadienyl, 3-Isopropylcyclopentadienyl, 3-tert. Butylcyclopentadienyl, Di-, wie z.B. Tetrahydroindenyl, 2,4-Dimethylcyclopentadienyl oder 3-Methyl-5-tert. Butylcyclopentadienyl, Tri-, wie z.B. 2,3,5-Trimethylcyclopentadienyl oder Tetraalkylcyclopentadienyl, wie z.B. 2,3,4,5-Tetramethylcyclopentadienyl.

Des weiteren sind auch solche Verbindungen bevorzugt in denen zwei vicinale Reste R^{1A} - R^{5A} ein cyclisches kondensiertes Ringsystem ausbilden, also zusammen mit dem E^{1A} - E^{5A} -, bevorzugt einem C_5 -Cyclopentadienyl-Grundgerüst z.B. ein unsubstituiertes oder substituiertes Indenyl-, Benzindenyl-, Phenantrenyl-, Fluorenyl- oder Tetrahydroindenylsystem bilden, wie beispielsweise Indenyl, 2-Methylindenyl, 2-Ethylindenyl, 2-Isopropylindenyl, 3-Methylindenyl, Benzindenyl oder 2-Methylbenzindenyl.

Das kondensierte Ringsystem kann dabei weitere C_1 - C_{20} -Alkyl, C_2 - C_{20} -Alkenyl, C_6 - C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest, NR^{6A}_2 , $N(SiR^{6A}_3)_2$, OR^{6A} , $OSiR^{6A}_3$ oder SiR^{6A}_3 tragen, wie z.B. 4-Methylindenyl, 4-Ethylindenyl, 4-Isopropylindenyl, 5-Methylindenyl, 4-Phenylindenyl, 5-Methyl-4-phenylindenyl, 2-Methyl-4-phenylindenyl oder 4-Naphthylindenyl.

Bevorzugte Substituenten R^{1A} - R^{5A} , die nicht -Z-A bilden, sind die weiter oben beschriebenen C-organischen Substituenten und die C-organischen Substituenten, welche ein cyclisches kondensiertes Ringsystem bilden, sowie insbesondere deren bevorzugte Ausführungsformen.

m kann 1, 2 oder 3 sein, d.h. 1, 2 oder 3 Reste $R^{1A}-R^{5A}$ sind -Z-A, wobei bei Anwesenheit von 2 oder 3 -Z-A Resten, diese gleich oder verschieden sein können. Bevorzugt ist nur einer der Reste $R^{1A}-R^{5A}$ gleich -Z-A ($m = 1$).

- 5 Wie auch bei den Metallocenen können die erfindungsgemässen Monocyclopentadienylkomplexe chiral sein. So kann einerseits einer der Substituenten $R^{1A}-R^{5A}$ des Cyclopentadienyl-Grundgerüsts ein oder mehrere chirale Zentren besitzen, oder aber das Cyclopentadienylsystem Cp selbst kann enantiotop sein, so daß erst durch dessen Bindung an das Übergangsmetall M die Chiralität induziert wird (zum Formalismus der Chiralität bei Cyclopentadienylverbindungen siehe
- 10 R. Halterman, Chem. Rev. 92, (1992), 965-994).

- Als C-organische Substituenten $R^{1B}-R^{6B}$ der Verknüpfung Z kommen beispielsweise folgende in Betracht: C_1-C_{20} -Alkyl, wobei das Alkyl linear oder verzweigt sein kann, wie z.B. Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, tert.-Butyl, n-Pentyl, n-Hexyl, n-Heptyl, n-Octyl, n-Nonyl, n-Decyl oder n-Dodecyl, 5- bis 7-gliedriges Cycloalkyl, das seinerseits eine C_6-C_{10} -Arylgruppe als Substituent tragen kann, wie z.B. Cyclopropan, Cyclobutan, Cyclopentan, Cyclohexan, Cycloheptan, Cyclooctan, Cyclononan oder Cyclododekan, C_2-C_{20} -Alkenyl, wobei das Alkenyl linear, cyclisch oder verzweigt sein kann und die Doppelbindung intern oder endständig sein kann, wie z.B. Vinyl, 1-Allyl, 2-Allyl, 3-Allyl, Butenyl, Pentenyl, Hexenyl, Cyclopentenyl, Cyclohexenyl, Cyclooctenyl oder Cyclooctadienyl, C_6-C_{20} -Aryl, wobei der Arylrest durch weitere Alkylgruppen substituiert sein kann, wie z.B. Phenyl, Naphthyl, Biphenyl, Anthranyl, o-, m-, p-Methylphenyl, 2,3-, 2,4-, 2,5-, oder 2,6-Dimethylphenyl, 2,3,4-, 2,3,5-, 2,3,6-, 2,4,5-, 2,4,6- oder 3,4,5-Trimethylphenyl, oder Arylalkyl, wobei das Arylalkyl durch weitere Alkylgruppen substituiert sein kann, wie z.B. Benzyl, o-, m-, p-Methylbenzyl, 1- oder 2-Ethylphenyl, wobei gegebenenfalls auch zwei R^{1B}
- 15 bis R^{6B} zu einem 5- oder 6-gliedrigen Ring verbunden sein können, wie beispielsweise Cyclohexan, und die organischen Reste $R^{1B}-R^{6B}$ auch durch Halogene, wie z.B. Fluor, Chlor oder Brom und Alkyl oder Aryl substituiert sein können. Als Si-organische Substituenten SiR^{7B}_3 kommen für R^{7B} die gleichen Reste, wie oben für $R^{1B}-R^{6B}$ näher ausgeführt, wobei gegebenenfalls auch zwei R^{7B} zu einem 5- oder 6-gliedrigen Ring verbunden sein können, in Betracht, wie z.B. Trimethylsilyl, Triethylsilyl, Butyldimethylsilyl, Tributylsilyl, Tritert.butylsilyl, Triallylsilyl, Triphenylsilyl oder
- 20 Dimethylphenylsilyl. Bevorzugt Reste $R^{1B}-R^{6B}$ sind Wasserstoff, Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, tert.-Butyl, n-Pentyl, n-Hexyl, n-Heptyl, n-Octyl, Benzyl, Phenyl, ortho Dialkyl- oder Dichlorosubstituierte Phenyle, Trialkyl- oder Trichlorosubstituierte Phenyle, Naphthyl, Biphenyl und Anthranyl.
- 25
- 30

35

- Die Verbrückung Z zwischen dem Cyclopentadienylsystem Cp und dem Heterocyclus A ist eine organische, bevorzugt divalente Verbrückung, bestehend aus Kohlenstoff- und/oder Silizium-Einheiten. Z kann dabei an das Cyclopentadienyl-Grundgerüst oder an den Heterocyclus oder den ankondensierten Ring des Cyclopentadienylsystems gebunden sein. Bevorzugt ist Z an das
- 40 Cyclopentadienyl-Grundgerüst gebunden. Durch eine Änderung der Verknüpfungslänge zwischen

dem Cyclopentadienylsystem und A kann die Aktivität des Katalysators beeinflusst werden. Ganz besonders bevorzugt ist Z neben dem kondensierten Heterocyclus oder ankondensierten Aromaten an das Cyclopentadienyl-Grundgerüst gebunden. Ist also der Heterocyclus oder Aromat in der 2,3-Position des Cyclopentadienyl-Grundgerüsts kondensiert, so sitzt Z bevorzugt in der 1- oder 4-Position des Cyclopentadienyl-Grundgerüsts.

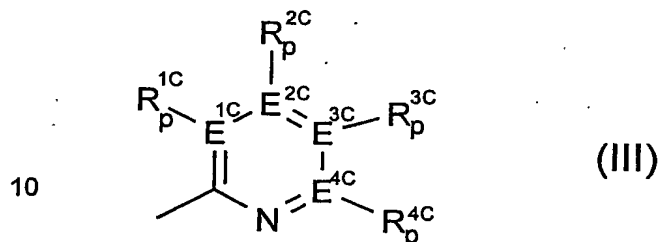
Bevorzugte Brücken Z sind $-C(R^{1B}R^{2B})-C(R^{3B}R^{4B})-$, $-C(R^{1B}R^{2B})-Si(R^{3B}R^{4B})-$, oder 1,2-Phenylen. Die $-C(R^{1B}R^{2B})-$ Gruppe in $-C(R^{1B}R^{2B})-Si(R^{3B}R^{4B})-$ kann dabei an A oder Cp gebunden sein. Bevorzugt ist $-C(R^{1B}R^{2B})-$ an A gebunden, da diese Verbindungen einfach und kostengünstig darzustellen sind. Besonders bevorzugt ist darin $-C(R^{1B}R^{2B})-$ gleich CH_2 , so dass Verbindungen Z gleich $-CH_2-C(R^{3B}R^{4B})-$ oder $-CH_2-Si(R^{3B}R^{4B})-$ besonders bevorzugt sind. Bevorzugt ist die CH_2 -Gruppe dabei an A gebunden. Besonders bevorzugt ist Z eine $-C(R^{1B}R^{2B})-Si(R^{3B}R^{4B})-$, 1,2-Cyclohexandiyl oder 1,2-Phenylen Brücke. Die weiter oben aufgeführten Ausführungsformen und bevorzugten Ausführungsformen für R^{1B} - R^{4B} und R^{7B} gelten auch für diese bevorzugten Monocyclopentadienylkomplexe.

A ist ein unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes heteroaromatisches Ringsystem, welches neben Kohlenstoffringgliedern Heteroatome aus der Gruppe Sauerstoff, Schwefel, Stickstoff und Phosphor enthalten kann. Beispiele für 5-Ring Heteroarylgruppen, welche neben Kohlenstoffatomen ein bis vier Stickstoffatome oder ein bis drei Stickstoffatome und/oder ein Schwefel- oder Sauerstoffatom als Ringglieder enthalten können, sind 2-Furyl, 2-Thienyl, 2-Pyrrolyl, 3-Isoxazolyl, 5-Isoxazolyl, 3-Isotiazolyl, 5-Isotiazolyl, 1-Pyrazolyl, 3-Pyrazolyl, 5-Pyrazolyl, 2-Oxazolyl, 4-Oxazolyl, 5-Oxazolyl, 2-Thiazolyl, 4-Thiazolyl, 5-Thiazolyl, 2-Imidazolyl, 4-Imidazolyl, 5-Imidazolyl, 1,2,4-Oxadiazol-3-yl, 1,2,4-Oxadiazol-5-yl, 1,3,4-Oxadiazol-2-yl oder 1,2,4-Triazol-3-yl. Beispiele für 6-gliedrige Heteroarylgruppen, welche ein bis vier Stickstoffatome und/oder ein Phosphoratom enthalten können, sind 2-Pyridinyl, 2-Phosphabenzolyl 3-Pyridazinyl, 2-Pyrimidinyl, 4-Pyrimidinyl, 2-Pyrazinyl, 1,3,5-Triazin-2-yl und 1,2,4-Triazin-3-yl, 1,2,4-Triazin-5-yl oder 1,2,4-Triazin-6-yl. Die 5-Ring und 6-Ring Heteroarylgruppen können hierbei auch durch C_1 - C_{10} -Alkyl, C_6 - C_{10} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-10 C-Atomen im Arylrest, Trialkylsilyl oder Halogenen, wie Fluor, Chlor oder Brom substituiert oder mit ein oder mehreren Aromaten oder Heteroaromaten kondensiert sein. Beispiele für benzokondensierte 5-gliedrige Heteroarylgruppen sind 2-Indolyl, 7-Indolyl, 2-Cumaronyl, 7-Cumaronyl, 2-Thionaphthenyl, 7-Thionaphthenyl, 3-Indazolyl, 7-Indazolyl, 2-Benzimidazolyl oder 7-Benzimidazolyl. Beispiele für benzokondensierte 6-gliedrige Heteroarylgruppen sind 2-Chinolyl, 8-Chinolyl, 3-Cinnolyl, 8-Cinnolyl, 1-Phthalazolyl, 2-Chinazolyl, 4-Chinazolyl, 8-Chinazolyl, 5-Chinoxalyl, 4-Acridyl, 1-Phenanthridyl oder 1-Phenazolyl.

A kann dabei inter- oder intramolekular an das Metall M binden. Bevorzugt ist A intramolekular an M gebunden. Die synthetische Anbindung von A an den Cyclopentadienylring kann z.B. in Analogie zu M. Enders et. al. in Chem. Ber. (1996), 129, 459-463 oder P. Jutzi und U. Siemeling in J. Orgmet. Chem. (1995), 500, 175-185 durchgeführt werden.

Von diesen heteroaromatischen Systemen sind besonders unsubstituierte, substituierte und/oder kondensierte sechsgliedrige Heteroaromaten mit 1,2, 3, 4 oder 5 Stickstoffatomen im Heteroaromatenteil der an Z gebunden ist, insbesondere 2-Pyridyl oder 2-Chinolyl bevorzugt. Bevorzugt ist

5 A daher eine Gruppe der Formel (III)



, wobei

$E^{1C}-E^{4C}$ Kohlenstoff oder Stickstoff,

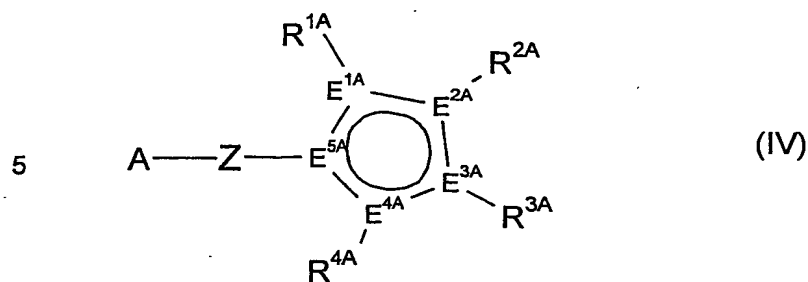
15 $R^{1C}-R^{4C}$ unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest oder SiR^{5C}_3 bedeutet, wobei die organischen Reste $R^{1C}-R^{4C}$ auch durch Halogene oder Stickstoff und weitere C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest oder SiR^{5C}_3 substituiert sein können und je zwei vicinale Reste $R^{1C}-R^{4C}$ oder R^{1C} und Z auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können und

25 R^{5C} unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl oder Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest bedeutet und je zwei Reste R^{5C} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können und

p 0 für $E^{1C}-E^{4C}$ gleich Stickstoff und 1 für $E^{1C}-E^{4C}$ gleich Kohlenstoff ist.

30 Insbesondere sind 0 oder 1 $E^{1C}-E^{4C}$ gleich Stickstoff und die übrigen Kohlenstoff. Besonders bevorzugt ist A ein 2-Pyridyl, 6-Methyl-2-Pyridyl, 4-Methyl-2-Pyridyl, 5-Methyl-2-Pyridyl, 5-Ethyl-2-Pyridyl, 4,6-Dimethyl-2-Pyridyl, 3-Pyridazyl, 4-Pyrimidyl, 6-Methyl-4-Pyrimidyl, 2-Pyrazinyl, 6-Methyl-2-Pyrazinyl, 5-Methyl-2-Pyrazinyl, 3-Methyl-2-Pyrazinyl, 3-Ethylpyrazinyl, 3,5,6-Trimethyl-2-pyrazinyl, 2-Chinolyl, 4-Methyl-2-chinolyl, 6-Methyl-2-chinolyl, 7-Methyl-2-chinolyl, 2-Chinoxalyl oder 3-Methyl-2-Chinoxalyl.

In bevorzugten Monocyclopentadienylkomplex bilden das Cyclopentadienylsystem Cp und -Z-A-einen Liganden (Cp-Z-A) der Formel IV:



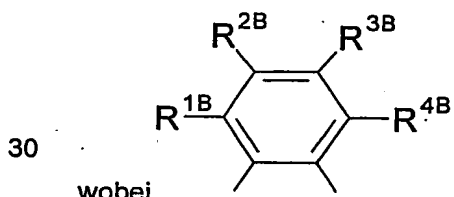
10 Worin die Variablen A, Z, E^{1A} bis E^{5A} und R^{6A} die obige Bedeutung besitzen und auch deren bevorzugte Ausführungsformen hierin bevorzugt sind und

15 R^{1A}-R^{5A} unabhängig voneinander Wasserstoff, C₁-C₂₀-Alkyl, C₂-C₂₀-Alkenyl, C₆-C₂₀-Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest, NR^{6A}₂, N(SiR^{6A}₃)₂, OR^{6A}, OSiR^{6A}₃, SiR^{6A}₃, BR^{6A}₂ wobei die organischen Reste R^{1A}-R^{5A} auch durch Halogene substituiert sein können und je zwei vicinale Reste R^{1A}-R^{5A} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können, und/oder dass zwei vicinale Reste R^{1A}-R^{5A} zu einem Heterocyclus verbunden sind, welcher mindestens ein Atom aus der Gruppe N, P, O oder S enthält.

20 Für R^{1A}-R^{5A} gelten ebenfalls die weiter oben beschriebenen Ausführungen und die bevorzugten Ausführungsformen.

Insbesondere enthält der Monocyclopentadienylkomplex den Liganden (Cp-Z-A) der Formel IV in der folgenden bevorzugten Ausführungsform:

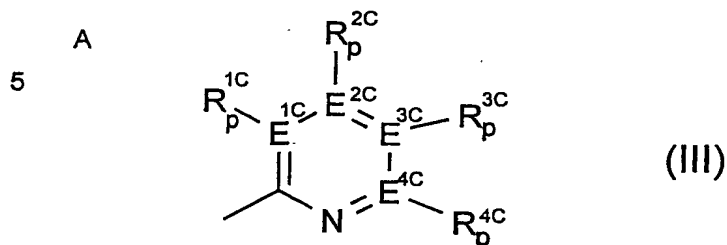
25 Z ist ausgewählt aus -C(R^{1B}R^{2B})-Si(R^{3B}R^{4B})- oder 1,2-Phenylen, wobei die -C(R^{1B}R^{2B})- bevorzugt an A gebunden ist und wobei das Phenylen weiter substituiert sein kann:



35 R^{1B}-R^{4B} unabhängig voneinander Wasserstoff, C₁-C₂₀-Alkyl, C₂-C₂₀-Alkenyl, C₆-C₂₀-Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest oder SiR^{7B}₃ bedeutet, wobei die organischen Reste R^{1B}-R^{4B} auch durch Halogene substituiert sein können und je zwei geminale oder vicinale Reste R^{1B}-R^{4B} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können und

40 R^{7B} unabhängig voneinander Wasserstoff, C₁-C₂₀-Alkyl, C₂-C₂₀-Alkenyl, C₆-C₂₀-Aryl oder Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest bedeu-

tet und je zwei Reste R^{7B} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können und



10 ist, wobei
 $E^{1C}-E^{4C}$ Kohlenstoff oder Stickstoff,

15 $R^{1C}-R^{4C}$ unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest oder SiR^{5C}_3 bedeutet, wobei die organischen Reste $R^{1C}-R^{4C}$ auch durch Halogene und weitere C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest oder SiR^{5C}_3 substituiert sein können und je zwei vicinale Reste $R^{1C}-R^{4C}$ oder R^{1C} und Z auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können,

20 R^{5C} unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl oder Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest bedeutet und je zwei Reste R^{5C} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können und

25 p 0 für $E^{1C}-E^{4C}$ gleich Stickstoff und 1 für $E^{1C}-E^{4C}$ gleich Kohlenstoff ist.

M ist ein Metall ausgewählt aus der Gruppe Titan in der Oxidationsstufe 3, Vanadium, Chrom, Molybdän und Wolfram, bevorzugt Titan in der Oxidationsstufe 3, Chrom, Molybdän und Wolfram.

30 Besonders bevorzugt ist Chrom in den Oxidationsstufen 2, 3 und 4, insbesondere 3. Die Metallkomplexe, insbesondere die Chromkomplexe, lassen sich auf einfache Weise erhalten, wenn man die entsprechenden Metallsalze wie z.B. Metallchloride mit dem Ligand anion umsetzt (z.B. analog zu den Beispielen in DE 197 10615).

35 Von den erfindungsgemässen Monocyclopentadienylkomplexen sind solche der allgemeinen Formel $(Cp)(-Z-A)_mMX_k$ (V) bevorzugt, worin die Variablen Cp, Z, A, m und M die obige Bedeutung besitzen und auch deren bevorzugte Ausführungsformen hierin bevorzugt sind und :

40 X unabhängig voneinander Fluor, Chlor, Brom, Jod, Wasserstoff, C_1-C_{10} -Alkyl, C_2-C_{10} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1-10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im

Arylrest, NR^1R^2 , OR^1 , SR^1 , SO_3R^1 , OC(O)R^1 , CN , SCN , β -Diketonat, CO , BF_4^- , PF_6^- , oder sperrige nichtkoordinierende Anionen,

5 $\text{R}^1\text{-R}^2$ unabhängig voneinander Wasserstoff, $\text{C}_1\text{-C}_{20}$ -Alkyl, $\text{C}_2\text{-C}_{20}$ -Alkenyl, $\text{C}_6\text{-C}_{20}$ -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest, SiR^3_3 , wobei die organischen Reste $\text{R}^1\text{-R}^2$ auch durch Halogene oder Stickstoff- und Sauerstoffhaltige Gruppen substituiert sein können und je zwei Reste $\text{R}^1\text{-R}^2$ auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können,

10 R^3 unabhängig voneinander Wasserstoff, $\text{C}_1\text{-C}_{20}$ -Alkyl, $\text{C}_2\text{-C}_{20}$ -Alkenyl, $\text{C}_6\text{-C}_{20}$ -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest und je zwei Reste R^3 auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können und

15 k 1, 2, oder 3 ist.

Die weiter oben aufgeführten Ausführungsformen und bevorzugten Ausführungsformen für Cp, Z, A, m und M gelten auch einzeln und in Kombination für diese bevorzugten Monocyclopentadienylkomplexe.

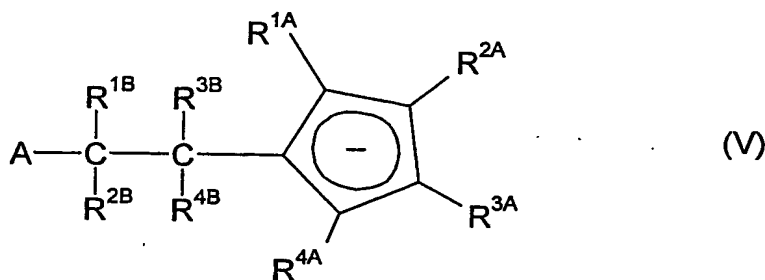
20 Die Liganden X ergeben sich z.B. durch die Auswahl der entsprechenden Metallausgangsverbindungen, die zur Synthese der Monocyclopentadienylkomplexe verwendet werden, können aber auch nachträglich noch variiert werden. Als Liganden X kommen insbesondere die Halogene wie Fluor, Chlor, Brom oder Jod und darunter insbesondere Chlor in Betracht. Auch Alkylreste, wie Methyl, Ethyl, Propyl, Butyl, Vinyl, Allyl, Phenyl oder Benzyl stellen vorteilhafte Liganden X
25 dar. Als weitere Liganden X sollen nur exemplarisch und keineswegs abschließend Trifluoracetat, BF_4^- , PF_6^- sowie schwach bzw. nicht koordinierende Anionen (siehe z.B. S. Strauss in Chem. Rev. 1993, 93, 927-942) wie $\text{B}(\text{C}_6\text{F}_5)_4^-$ genannt werden.

30 Auch Amide, Alkoholate, Sulfonate, Carboxylate und β -Diketonate sind besonders geeignete Liganden X. Durch Variation der Reste R^1 und R^2 können z.B. physikalische Eigenschaften wie Löslichkeit fein eingestellt werden. Als C-organische Substituenten $\text{R}^1\text{-R}^2$ kommen beispielsweise folgende in Betracht: $\text{C}_1\text{-C}_{20}$ -Alkyl, wobei das Alkyl linear oder verzweigt sein kann, wie z.B. Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, tert.-Butyl, n-Pentyl, n-Hexyl, n-Heptyl, n-Octyl, n-Nonyl, n-Decyl oder n-Dodecyl, 5- bis 7-gliedriges Cycloalkyl, das seinerseits eine $\text{C}_6\text{-C}_{10}$ -
35 Arylgruppe als Substituent tragen kann, wie z.B. Cyclopropan, Cyclobutan, Cyclopentan, Cyclohexan, Cycloheptan, Cyclooctan, Cyclononan oder Cyclododekan, $\text{C}_2\text{-C}_{20}$ -Alkenyl, wobei das Alkenyl linear, cyclisch oder verzweigt sein kann und die Doppelbindung intern oder endständig sein kann, wie z.B. Vinyl, 1-Allyl, 2-Allyl, 3-Allyl, Butenyl, Pentenyl, Hexenyl, Cyclopentenyl, Cyclohexenyl, Cyclooctenyl oder Cyclooctadienyl, $\text{C}_6\text{-C}_{20}$ -Aryl, wobei der Arylrest durch weitere Al-
40 kylgruppen und/oder N- oder O-haltige Reste substituiert sein kann, wie z.B. Phenyl, Naphthyl,

Biphenyl, Anthranyl, o-, m-, p-Methylphenyl, 2,3-, 2,4-, 2,5-, oder 2,6-Dimethylphenyl, 2,3,4-, 2,3,5-, 2,3,6-, 2,4,5-, 2,4,6- oder 3,4,5-Trimethylphenyl, 2-Methoxyphenyl, 2-N,N-Dimethylamino-phenyl oder Arylalkyl, wobei das Arylalkyl durch weitere Alkylgruppen substituiert sein kann, wie z.B. Benzyl, o-, m-, p-Methylbenzyl, 1- oder 2-Ethylphenyl, wobei gegebenenfalls auch R^1 mit R^2 zu einem 5- oder 6-gliedrigen Ring verbunden sein können und die organischen Reste R^1 - R^2 auch durch Halogene, wie z.B. Fluor, Chlor oder Brom substituiert sein können. Als Si-organische Substituenten SiR^3_3 kommen für R^3 die gleichen Reste, wie oben für R^1 - R^2 näher ausgeführt, wobei gegebenenfalls auch zwei R^3 zu einem 5- oder 6-gliedrigen Ring verbunden sein können, in Betracht, wie z.B. Trimethylsilyl, Triethylsilyl, Butyldimethylsilyl, Tributylsilyl, Triallylsilyl, Triphenylsilyl oder Dimethylphenylsilyl. Bevorzugt werden C_1 - C_{10} -Alkyl wie Methyl, Ethyl, n-Propyl, n-Butyl, tert.-Butyl, n-Pentyl, n-Hexyl, n-Heptyl, n-Octyl, sowie Vinyl, Allyl, Benzyl und Phenyl als Reste R^1 und R^2 verwendet. Manche dieser substituierten Liganden X werden ganz besonders bevorzugt verwendet, da sie aus billigen und einfach zugänglichen Ausgangsstoffen erhältlich sind. So ist eine besonders bevorzugte Ausführungsform, wenn X für Dimethylamid, Methanolat, Ethanolat, Isopropanolat, Phenolat, Naphtholat, Triflat, p-Toluolsulfonat, Acetat oder Acetylacetonat steht.

Die Anzahl k der Liganden X hängt von der Oxidationsstufe des Übergangsmetall M ab. Die Zahl k kann somit nicht allgemein angegeben werden. Die Oxidationsstufe der Übergangsmetalle M in katalytisch aktiven Komplexen, sind dem Fachmann zumeist bekannt. Chrom, Molybdän und Wolfram liegen sehr wahrscheinlich in der Oxidationsstufe +3 vor, Vanadium in der Oxidationsstufe +3 oder +4. Es können jedoch auch Komplexe eingesetzt werden, deren Oxidationsstufe nicht der des aktiven Katalysators entspricht. Solche Komplexe können dann durch geeignete Aktivatoren entsprechend reduziert oder oxidiert werden. Bevorzugt werden Chromkomplexe in der Oxidationsstufe +3 und Titankomplexe in der Oxidationsstufe 3 verwendet.

Des weiteren wurde ein Verfahren zur Darstellung von Cyclopentadienylsystem-Anionen der Formel (V) gefunden:



worin die Variablen folgende Bedeutung besitzen:

40 R^{1A} - R^{5A} unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1 - C_{20} -Alkyl, C_2 - C_{20} -Alkenyl, C_6 - C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest, NR^{6A}_2 ,

$N(SiR^{6A})_2$, OR^{6A} , $OSiR^{6A}_3$, SiR^{6A}_3 , wobei die organischen Reste R^{1A} - R^{5A} auch durch Halogene substituiert sein können und je zwei vicinale Reste R^{1A} - R^{5A} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können, und/oder dass zwei vicinale Reste R^{1A} - R^{5A} zu einem Heterocyclus verbunden sind, welcher mindestens ein Atom aus der Gruppe N, P, O oder S enthält,

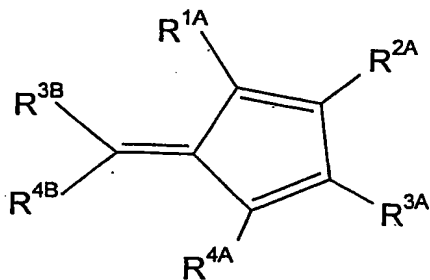
R^{6A} unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1 - C_{20} -Alkyl, C_2 - C_{20} -Alkenyl, C_6 - C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest und je zwei geminale Reste R^{6A} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können.

A ein unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes, heteroaromatisches Ringsystem,

R^{1B} - R^{4B} unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1 - C_{20} -Alkyl, C_2 - C_{20} -Alkenyl, C_6 - C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest oder SiR^{7B}_3 bedeutet, wobei die organischen Reste R^{1B} - R^{4B} auch durch Halogene substituiert sein können und je zwei geminale oder vicinale Reste R^{1B} - R^{4B} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können und

R^{7B} unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1 - C_{20} -Alkyl, C_2 - C_{20} -Alkenyl, C_6 - C_{20} -Aryl oder Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest bedeutet und je zwei Reste R^{7B} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können,

wobei ein $A-CR^{1B}R^{2B}$ -Anion mit einem Fulven der Formel (VI)



(VI)

umgesetzt wird, worin die Variablen die obige Bedeutung haben.

Die Variablen und ihre bevorzugten Ausführungsformen wurden schon weiter oben beschrieben. Fulvene sind seit langem bekannt und können beispielsweise nach Freiesleben, Angew. Chem. 75 (1963); S. 576 hergestellt werden.

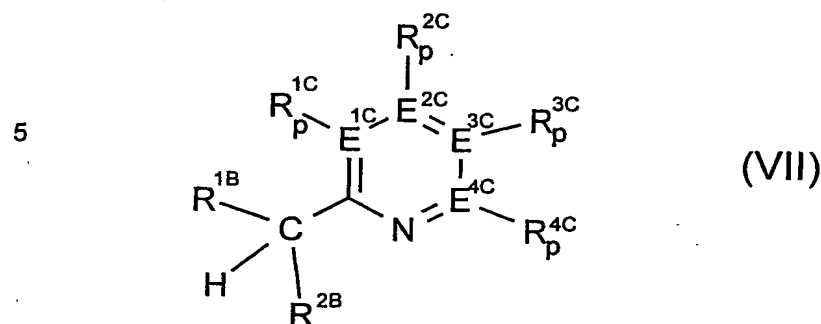
Das Cyclopentadienylsystem-Anion (V) hat als Gegenkation das Kation des $A-CR^{1B}R^{2B-}$ -Anion. Dies ist in der Regel ein Metall der Gruppe 1, 2 oder 3 des Periodensystems der Elemente, welches weitere Liganden tragen kann. Besonders bevorzugt sind Lithium, Natrium oder Kalium-Kationen, welche auch neutrale Liganden wie Amine oder Ether tragen können und Magnesiumchlorid- oder Magnesiumbromid-Kation, welche ebenfalls weitere neutrale Liganden tragen können.

Das $A-CR^{1B}R^{2B-}$ -Anion wird dabei üblicherweise durch Deprotonierung von $A-CR^{1B}R^{2B}H$ erhalten. Dazu können starke Basen, wie beispielsweise Lithiumalkyle, Natriumhydrid, Natriumamide, Natriumalkoxide, Natriumalkyle, Kaliumhydrid, Kaliumamide, Kaliumalkoxide, Kaliumalkyle, Magnesiumalkyle, Magnesium(alkyl)halogenide, oder Gemische davon eingesetzt werden. Das molare Verhältnis von Base zu $A-CR^{1B}R^{2B}H$ ist dabei üblicherweise im Bereich von 0,4:1 bis 100:1, bevorzugt im Bereich 0,9:1 bis 10:1 und besonders bevorzugt 0,95:1 bis 1,1:1. Beispiele für derartige Deprotonierungen sind in L. Brandsma, Preparative polar organometallic chemistry 2, S.133-142 beschrieben.

Als Lösungsmittel zur Deprotonierung können alle aprotischen Lösungsmittel verwendet werden, insbesondere aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe wie beispielsweise n-Pentan, n-Hexan, iso-Hexan, n-Heptan, iso-Heptan, Decalin, Benzol, Toluol, Ethylbenzol oder Xylol oder Ether wie Diethylether, Dibutylether, Tetrahydrofuran, Dimethoxyethan oder Diethylenglykoldimethylether und Gemische davon. Die Deprotonierung kann bei Temperaturen von -100 bis +160°C, insbesondere von -80 bis 100°C ausgeführt werden. Bei Temperaturen über 40°C werden bevorzugt aromatische oder aliphatische Lösungsmittel verwendet, die keinen oder nur geringe Anteile an Ether als Lösungsmittel haben.

Das unsubstituierte, substituiertes oder kondensiertes, heteroaromatisches Ringsystem A hat die gleiche Bedeutung wie weiter oben beschrieben und trägt eine $CR^{1B}R^{2B}H$ -Gruppe. Die Reste R^{1B} und R^{2B} , sowie deren bevorzugte Ausführungsformen sind ebenfalls schon weiter oben beschrieben. Diese Gruppe sitzt bevorzugt in ortho-Position zu einem Heteroatom von A, insbesondere von einem Stickstoffatom, falls A ein solche enthält. Bevorzugt ist $A-CR^{1B}R^{2B}H$ 2-Methylfuran, 2,5-Dimethylfuran, 2-Ethylfuran, 1,2-Dimethylpyrrol, 1,2,3-Trimethylpyrrol, 1,3-Dimethylpyrazol, 1,2-Dimethylimidazol, 1-Decyl-2-Methylimidazol, 1-Methyl-2-Undecylimidazol, 2-Picolin, 2-Ethylpyridin, 2-Propylpyridin, 2-Benzylpyridin, 2,6-Lutidin, 2,4-Lutidin, 2,5-Lutidin, 2,3-Cycloheptenopyridin, 5-Ethyl-2-Methylpyridin, 2,4,6-Collidin, 3-Methylpyridazin, 4-Methylpyrimidin, 4,6-Dimethylpyrimidin, 2-Methylpyrazin, 2-Ethylpyrazin, 2,6-Dimethylpyrazin, 2,5-Dimethylpyrazin, 2,3-Dimethylpyrazin, 2,3-Diethylpyrazin, Tetrahydrochinoxalin, Tetramethylpyrazin, Chinaldin, 2,4-Dimethylchinolin, 2,6-Dimethylchinolin, 2,7-Dimethylchinolin, 2-Methylchinoxalin, 2,3-Dimethylchinoxalin oder Neocuproin.

Bevorzugt ist $A-CR^{1B}R^{2B}H$ insbesondere eine Gruppe der Formel (VII)



, worin die Variablen folgende Bedeutung haben:

$E^{1C}-E^{4C}$ Kohlenstoff oder Stickstoff,

15 $R^{1C}-R^{4C}$ unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest oder SiR^{5C}_3 bedeutet, wobei die organischen Reste $R^{1C}-R^{4C}$ auch durch Halogene oder Stickstoff und weitere C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest oder SiR^{5C}_3 substituiert sein können und je zwei vicinale Reste $R^{1C}-R^{4C}$ oder R^{1C} und R^{1B} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können und

20

R^{5C} unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl oder Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest bedeutet und je zwei Reste R^{5C} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können und

25

p 0 für $E^{1C}-E^{4C}$ gleich Stickstoff und 1 für $E^{1C}-E^{4C}$ gleich Kohlenstoff ist.

30 Insbesondere sind 0 oder 1 $E^{1C}-E^{4C}$ gleich Stickstoff und die übrigen Kohlenstoff. Besonders bevorzugte $A-CR^{1B}R^{2B}H$ Systeme sind 2-Picolin, 2-Ethylpyridin, 2-Propylpyridin, 2-Benzylpyridin, 2,6-Lutidin, 2,4-Lutidin, 2,5-Lutidin, 2,3-Cycloheptenopyridin, 5-Ethyl-2-Methylpyridin, 2,4,6-Collidin, 3-Methylpyridazin, 4-Methylpyrimidin, 4,6-Dimethylpyrimidin, 2-Methylpyrazin, 2-Ethylpyrazin, 2,6-Dimethylpyrazin, 2,5-Dimethylpyrazin, 2,3-Dimethylpyrazin, 2,3-Diethylpyrazin,

35 Tetrahydrochinoxalin, Tetramethylpyrazin, Chinaldin, 2,4-Dimethylchinolin, 2,6-Dimethylchinolin, 2,7-Dimethylchinolin, 2-Methylchinoxalin, 2,3-Dimethylchinoxalin oder Neocuproin.

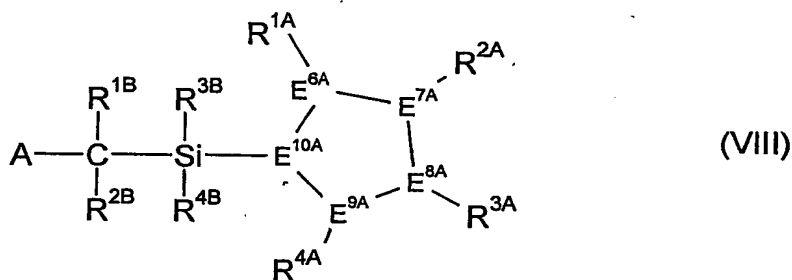
Das nach Deprotonierung entstandene $A-CR^{1B}R^{2B-}$ -Anion kann isoliert oder bevorzugt ohne weitere Isolierung mit dem Fulven (VI) umgesetzt werden. Als Lösungsmittel zur weiteren Reaktion

40 können alle aprotischen Lösungsmittel verwendet werden, insbesondere aliphatische und aroma-

tische Kohlenwasserstoffe wie beispielsweise n-Pentan, n-Hexan, iso-Hexan, n-Heptan, iso-Heptan, Decalin, Benzol, Toluol, Ethylbenzol oder Xylol oder Ether wie Diethylether, Dibutylether, Tetrahydrofuran, Dimethoxyethan oder Diethylenglykoldimethylether und Gemische davon. Die anschliessende Reaktion kann bei Temperaturen von -100 bis +160°C, bevorzugt von -80 bis 100°C und besonders bevorzugt von 0 bis 60°C ausgeführt werden. Bei Temperaturen über 40°C werden bevorzugt aromatische oder aliphatische Lösungsmittel verwendet, die keinen oder nur geringe Anteile an Ether als Lösungsmittel haben.

Das so erhaltene Cyclopentadienylsystem-Anionen (V) kann dann weiter mit der entsprechenden Übergangsmetallverbindung, z.B. Chromtrichlorid-Tris(Tetrahydrofuran), zum entsprechenden Monocyclopentadienylkomplex (A) umgesetzt werden.

Des weiteren wurde eine Verfahren zur Herstellung von Cyclopentadienylsystemen der Formel (VIII) gefunden:



worin die Variablen folgende Bedeutung haben:

- 25 $E^{6A}-E^{10A}$ Kohlenstoff oder maximal ein E^{6A} bis E^{10A} Phosphor, wobei jeweils vier benachbarte $E^{1A}-E^{5A}$ ein konjugiertes Diensystem bilden und das verbleibende $E^{6A}-E^{10A}$ zusätzlich ein Wasserstoffatom trägt,
- 30 $R^{1A}-R^{5A}$ unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest, NR^{6A}_2 , $N(SiR^{6A}_3)_2$, OR^{6A} , $OSiR^{6A}_3$, SiR^{6A}_3 , wobei die organischen Reste $R^{1A}-R^{5A}$ auch durch Halogene substituiert sein können und je zwei vicinale Reste $R^{1A}-R^{5A}$ auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können, und/oder dass zwei vicinale Reste $R^{1A}-R^{5A}$ zu einem Heterocyclus verbunden sind, welcher mindestens ein Atom aus der Gruppe N, P, O oder S enthält
- 35 R^{6A} unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest und je zwei geminale Reste R^{6A} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können.
- 40

A ein unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes, heteroaromatisches Ringsystem,

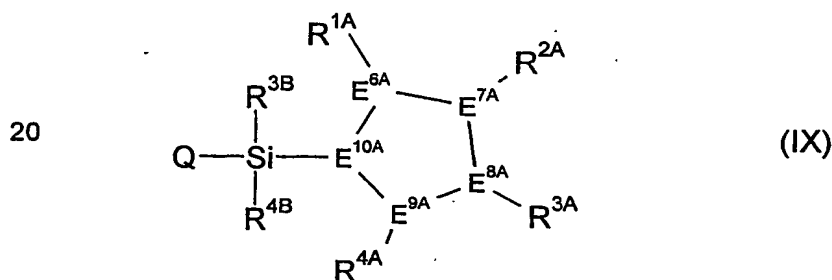
5 $R^{1B}-R^{4B}$ unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest oder SiR^{7B}_3 bedeutet, wobei die organischen Reste $R^{1B}-R^{4B}$ auch durch Halogene substituiert sein können und je zwei geminale oder vicinale Reste $R^{1B}-R^{4B}$ auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können und

10

R^{7B} unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl oder Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest bedeutet und je zwei Reste R^{7B} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können,

15

wobei ein $A-CR^{1B}R^{2B}$ -Anion mit einem Cyclopentadienylsystem der Formel (IX)



25 umgesetzt wird, worin die Variablen die obige Bedeutung haben und

Q für eine Abgangsgruppe, insbesondere Chlor, Brom, Jod, Tosylat oder Triflat steht.

Die Darstellung der $A-CR^{1B}R^{2B}$ -Anionen und deren bevorzugte Ausführungsformen wurden weiter
30 oben beschrieben und gelten auch in diesem Verfahren.

Das Cyclopentadienylsystem (IX) kann beispielsweise durch Reaktion des entsprechenden Cyclopentadienylsystem Anions, worin die Gruppe $SiR^{1B}R^{2B}Q$ durch Wasserstoff ersetzt ist und ein einzelnes Wasserstoffatom an einem der $E^{6A}-E^{10A}$ deprotoniert wurde, mit $SiR^{1B}R^{2B}Q_2$ dargestellt
35 werden, wobei Q gleich oder verschieden sein kann und für eine Abgangsgruppe, insbesondere Chlor, Brom, Jod, Tosylat oder Triflat steht. Derartige Synthesen sind beispielsweise in der EP-A-659757 beschrieben.

Das nach Deprotonierung entstandene $A-CR^{1B}R^{2B}$ -Anion kann isoliert oder bevorzugt ohne weitere Isolierung mit dem Cyclopentadienylsystem (IX) umgesetzt werden. Als Lösungsmittel können
40

- alle aprotischen Lösungsmittel verwendet werden, insbesondere aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe wie beispielsweise n-Pentan, n-Hexan, iso-Hexan, n-Heptan, iso-Heptan, Decalin, Benzol, Toluol, Ethylbenzol oder Xylol oder Ether wie Diethylether, Dibutylether, Tetrahydrofuran, Dimethoxyethan oder Diethylenglykoldimethylether und Gemische davon. Die Reaktion
- 5 kann bei Temperaturen von -100 bis +160°C, bevorzugt von -80 bis 100°C und besonders bevorzugt von 0 bis 60°C ausgeführt werden. Bei Temperaturen über 40°C werden bevorzugt aromatische oder aliphatische Lösungsmittel verwendet, die keinen oder nur geringe Anteile an Ether als Lösungsmittel haben.
- 10 Das so erhaltene Cyclopentadienylsystem (VIII) kann dann nach den üblichen Methoden deprotoniert werden und weiter mit der entsprechenden Übergangsmetallverbindung, z.B. Chromtrichlorid-Tris(Tetrahydrofuran), zum entsprechenden Monocyclopentadienylkomplex (A) umgesetzt werden. Des weiter kann Cyclopentadienylsystem (VIII) auch direkt beispielsweise mit Chromamiden zum Monocyclopentadienylkomplex (A) umgesetzt werden in Analogie zum Verfahren in
- 15 EP-A-742 046.

Die erfindungsgemässen Monocyclopentadienylkomplexe können allein oder mit weiteren Komponenten als Katalysatorsystem zur Olefinpolymerisation verwendet werden. Es wurden weiterhin Katalysatorsysteme zur Olefinpolymerisation gefunden, enthaltend

- 20
- A) mindestens einen erfindungsgemässen Monocyclopentadienylkomplex
 - B) optional einen organischen oder anorganischen Träger,
 - 25 C) optional eine oder mehrere aktivierende Verbindungen,
 - D) optional ein oder mehrere zur Olefinpolymerisation geeignete Katalysatoren und
 - E) optional eine oder mehrere Metallverbindungen mit einem Metall der Gruppe 1, 2 oder 13
 - 30 des Periodensystems.

So kann mehr als einer der erfindungsgemässen Monocyclopentadienylkomplexe gleichzeitig mit dem oder den zu polymerisierenden Olefinen in Kontakt gebracht werden. Dies hat den Vorteil, daß so ein weiter Bereich an Polymeren erzeugt werden kann. Auf diese Weise können z.B. bi-

35 modale Produkte hergestellt werden.

Damit die erfindungsgemässen Monocyclopentadienylkomplexe bei Polymerisationsverfahren in der Gasphase oder in Suspension eingesetzt werden können, ist es oftmals von Vorteil, daß die Metallocene in Form eines Feststoffs eingesetzt werden, d.h. daß sie auf einen festen Träger B)

40 aufgebracht werden. Weiterhin weisen die geträgerten Monocyclopentadienylkomplexe eine hohe

Produktivität auf. Die erfindungsgemässen Monocyclopentadienylkomplexe können daher optional auch auf einem organischen oder anorganischen Träger B) immobilisiert und in geträgerter Form in der Polymerisation verwendet werden. Dadurch können beispielsweise Reaktorablagerungen vermieden werden und die Polymermorphologie gesteuert werden. Als Trägermaterialien werden bevorzugt Kieselgel, Magnesiumchlorid, Aluminiumoxid, mesoporöse Materialien, Aluminosilikate, Hydrotalcite und organische Polymere wie Polyethylen, Polypropylen, Polystyrol, Polytetrafluorethylen oder polar funktionalisierte Polymere, wie beispielsweise Copolymere von Ethen und Acrylester, Acrolein oder Vinylacetat verwendet.

10 Besonders bevorzugt ist ein Katalysatorsystem enthaltend einen erfindungsgemässen Monocyclopentadienylkomplex und mindestens einen aktivierende Verbindung C), welches zusätzlich eine Trägerkomponente B) enthält.

Um ein solches geträgertes Katalysatorsystem zu erhalten, kann das trägerlose Katalysatorsystem mit einer Trägerkomponente B) umgesetzt werden. Prinzipiell ist die Reihenfolge der Zusammengabe von Trägerkomponente B), erfindungsgemässen Monocyclopentadienylkomplex A) und der aktivierenden Verbindung C) beliebig. Der erfindungsgemässe Monocyclopentadienylkomplex A) und die aktivierende Verbindung C) können unabhängig voneinander oder gleichzeitig fixiert werden. Nach den einzelnen Verfahrensschritten kann der Feststoff mit geeigneten inerten Lösungsmitteln wie z. B. aliphatischen oder aromatischen Kohlenwasserstoffen gewaschen werden.

In einer bevorzugten Form der Darstellung des geträgerten Katalysatorsystems wird mindestens einer der erfindungsgemässen Monocyclopentadienylkomplexe in einem geeigneten Lösungsmittel mit mindestens einer aktivierenden Verbindung C) in Kontakt gebracht, wobei bevorzugt ein lösliches Reaktionsprodukt, ein Addukt oder ein Gemisch erhalten wird. Die so erhaltene Zubereitung wird dann mit dem dehydratisierten oder inertisierten Trägermaterial vermischt, das Lösungsmittel entfernt und das resultierende geträgerte Monocyclopentadienylkomplex-Katalysatorsystem getrocknet, um sicherzustellen, daß das Lösungsmittel vollständig oder zum größten Teil aus den Poren des Trägermaterials entfernt wird. Der geträgerte Katalysator wird als frei fließendes Pulver erhalten. Beispiele für die technische Realisierung des obigen Verfahrens sind in WO 96/00243, WO 98/40419 oder WO 00/05277 beschrieben. Eine weitere bevorzugte Ausführungsform ist, zunächst die aktivierende Verbindung C) auf der Trägerkomponente B) zu erzeugen und anschließend diese geträgerte Verbindung mit dem erfindungsgemässen Monocyclopentadienylkomplex A) in Kontakt zu bringen.

Als Trägerkomponente B) werden vorzugsweise feintellige Träger eingesetzt, die ein beliebiger organischer oder anorganischer Feststoff sein können. Insbesondere kann die Trägerkomponente B) ein poröser Träger wie Talk, ein Schichtsilikat, wie Montmorillonot, Mica oder Glimmer, ein

anorganisches Oxid oder ein feinteiliges Polymerpulver (z.B. Polyolefin oder polar funktionalisiertes Polymer) sein.

Die verwendeten Trägermaterialien weisen vorzugsweise eine spezifische Oberfläche im Bereich von 10 bis 1000 m²/g, ein Porenvolumen im Bereich von 0,1 bis 5 ml/g und eine mittlere Partikelgröße von 1 bis 500 µm auf. Bevorzugt sind Träger mit einer spezifischen Oberfläche im Bereich von 50 bis 700 m²/g, einem Porenvolumen im Bereich zwischen 0,4 und 3,5 ml/g und einer mittleren Partikelgröße im Bereich von 5 bis 350 µm. Besonders bevorzugt sind Träger mit einer spezifischen Oberfläche im Bereich von 200 bis 550 m²/g, einem Porenvolumen im Bereich zwischen 0,5 bis 3,0 ml/g und einer mittleren Partikelgröße von 10 bis 150 µm.

Der anorganische Träger kann einer thermischen Behandlung z.B. zur Entfernung von adsorbiertem Wasser unterzogen werden. Eine solche Trocknungsbehandlung wird in der Regel bei Temperaturen im Bereich von 80 bis 300°C, vorzugsweise von 100 bis 200°C durchgeführt, wobei die Trocknung bei 100 bis 200°C bevorzugt unter Vakuum und/oder Inertgasüberlagerung (z. B. Stickstoff) erfolgt, oder der anorganische Träger kann bei Temperaturen von 200 bis 1000°C calciniert werden, um gegebenenfalls die gewünschte Struktur des Festkörpers und/oder die gewünschte OH-Konzentration auf der Oberfläche einzustellen. Der Träger kann auch chemisch behandelt werden, wobei übliche Trocknungsmittel wie Metallalkyle, bevorzugt Aluminiumalkyle, Chlorsilane oder SiCl₄, aber auch Methylalumoxan zum Einsatz kommen können. Entsprechende Behandlungsmethoden werden zum Beispiel in WO 00/31090 beschrieben.

Das anorganische Trägermaterial kann auch chemisch modifiziert werden. Beispielsweise führt die Behandlung von Kieselgel mit NH₄SiF₆ oder anderen Fluorierungsmitteln zur Fluorierung der Kieselgeloberfläche oder die Behandlung von Kieselgelen mit Silanen, die Stickstoff-, Fluor- oder Schwefelhaltige Gruppen enthalten, führen zu entsprechend modifizierten Kieselgeloberflächen.

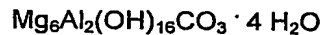
Organische Trägermaterialien wie feinteilige Polyolefinpulver (z.B. Polyethylen, Polypropylen oder Polystyrol) können auch verwendet werden und sollten vorzugsweise ebenfalls vor dem Einsatz von anhaftender Feuchtigkeit, Lösungsmittelresten oder anderen Verunreinigungen durch entsprechende Reinigungs- und Trocknungsoperationen befreit werden. Es können auch funktionalisierte Polymerträger, z. B. auf Basis von Polystyrol, Polyethylen oder Polypropylen, eingesetzt werden, über deren funktionelle Gruppen, zum Beispiel Ammonium- oder Hydroxygruppen, mindestens eine der Katalysatorkomponenten fixiert werden kann.

Geeignete anorganische Oxide als Trägerkomponente B) finden sich in den Gruppen 2, 3, 4, 5, 13, 14, 15 und 16 des Periodensystems der Elemente. Beispiele für als Träger bevorzugte Oxide umfassen Siliziumdioxid, Aluminiumoxid, sowie Mischoxide der Elemente Calcium, Aluminium, Silizium, Magnesium oder Titan sowie entsprechende Oxid-Mischungen. Andere anorganische Oxide, die allein oder in Kombination mit den zuletzt genannten bevorzugten oxidischen Trägern

eingesetzt werden können, sind z.B. MgO, CaO, AlPO₄, ZrO₂, TiO₂, B₂O₃ oder Mischungen davon.

Als feste Trägermaterialien B) für Katalysatoren für die Olefinpolymerisation werden bevorzugt Kieselgele verwendet, da sich aus diesem Material Partikel herstellen lassen, die in ihrer Größe und Struktur als Träger für die Olefinpolymerisation geeignet sind. Besonders bewährt haben sich dabei sprühgetrocknete Kieselgele, bei denen es sich um sphärische Agglomerate aus kleineren granulären Partikel, den sogenannten Primärpartikeln, handelt. Die Kieselgele können dabei vor ihrer Verwendung getrocknet und/oder calciniert werden.

Ebenfalls bevorzugte Träger B) sind Hydrotalcite und calcinierte Hydrotalcite. In der Mineralogie wird als Hydrotalcit ein natürliches Mineral mit der Idealformel



bezeichnet, dessen Struktur sich von derjenigen des Brucits Mg(OH)₂ ableitet. Brucit kristallisiert in einer Schichtstruktur mit den Metallionen in Oktaederlücken zwischen zwei Schichten aus dichtgepackten Hydroxylionen, wobei nur jede zweite Schicht der Oktaederlücken besetzt ist. Im Hydrotalcit sind einige Magnesiumionen durch Aluminiumionen ersetzt, wodurch das Schichtpaket eine positive Ladung erhält. Diese wird durch die Anionen ausgeglichen, die sich zusammen mit Kristallwasser in den Zwischenschichten befinden.

Entsprechende Schichtstrukturen finden sich nicht nur bei Magnesium–Aluminium–Hydroxiden, sondern allgemein bei schichtförmig aufgebauten, gemischten Metallhydroxiden der allgemeinen Formel



in der M(II) ein zweiwertiges Metall wie Mg, Zn, Cu, Ni, Co, Mn, Ca und/oder Fe und M(III) ein dreiwertiges Metall wie Al, Fe, Co, Mn, La, Ce und/oder Cr ist, x für Zahlen von 0,5 bis 10 in 0,5 Schritten, A für ein interstitielles Anion und n für die Ladung des interstitiellen Anions steht, die von 1 bis 8, üblicherweise von 1 bis 4 betragen kann und z eine ganze Zahl von 1 bis 6, insbesondere von 2 bis 4 bedeutet. Als interstitielle Anionen kommen organische Anionen wie Alkoholanionen, Alkylethersulfate, Arylethersulfate oder Glykoethersulfate, anorganische Anionen wie insbesondere Carbonat, Hydrogencarbonat, Nitrat, Chlorid, Sulfat oder B(OH)₄⁻ oder Polyoxometallanionen wie Mo₇O₂₄⁶⁻ oder V₁₀O₂₈⁶⁻ in Betracht. Es kann sich jedoch auch um eine Mischung mehrerer solcher Anionen handeln.

Dementsprechend sollen alle derartigen schichtförmig aufgebauten, gemischten Metallhydroxide als Hydrotalcite im Sinne der vorliegenden Erfindung verstanden werden.

- 5 Aus Hydrotalciten lassen sich durch Calcinieren, d.h. Erwärmen, die sogenannten calcinierten Hydrotalcite herstellen, wodurch u.a. der gewünschte Gehalt an Hydroxylgruppen eingestellt werden kann. Weiterhin verändert sich auch die Struktur des Kristallaufbaus. Die Herstellung der erfindungsgemäß eingesetzten calcinierten Hydrotalcite erfolgt üblicherweise bei Temperaturen oberhalb von 180°C. Bevorzugt ist eine Calcinierung für eine Zeitdauer von 3 bis 24 Stunden bei Temperaturen von 250°C bis 1000°C und insbesondere von 400°C bis 700°C. Gleichzeitiges
10 Überleiten von Luft oder Inertgas oder Anlegen von Vakuum ist möglich.

- Beim Erhitzen geben die natürlichen oder synthetischen Hydrotalcite zunächst Wasser ab, d.h. es erfolgt eine Trocknung. Beim weiteren Erhitzen, dem eigentlichen Calcinieren, wandeln sich die Metallhydroxide unter Abspaltung von Hydroxylgruppen und interstitiellen Anionen in die Metal-
15 loxide um, wobei auch in den calcinierten Hydrotalciten noch OH-Gruppen oder interstitielle Anionen wie Carbonat enthalten sein können. Ein Maß hierfür ist der Glühverlust. Dieser ist der Gewichtsverlust, den eine Probe erleidet, die in zwei Schritten zunächst für 30 min bei 200°C in einem Trockenschrank und dann für 1 Stunde bei 950°C in einem Muffelofen erhitzt wird.

- 20 Bei den als Komponente B) eingesetzten calcinierten Hydrotalciten handelt es sich somit um Mischoxide der zwei- und dreiwertigen Metalle M(II) und M(III), wobei das molare Verhältnis von M(II) zu M(III) in der Regel im Bereich von 0,5 bis 10, bevorzugt von 0,75 bis 8 und insbesondere von 1 bis 4 liegt. Weiterhin können noch übliche Mengen an Verunreinigungen, beispielsweise an Si, Fe, Na, Ca oder Ti und auch Chloride und Sulfate enthalten sein.

- 25 Bevorzugte calcinierte Hydrotalcite B) sind Mischoxide, bei denen M(II) Magnesium und M(III) Aluminium ist. Entsprechende Aluminium-Magnesium-Mischoxide sind von der Fa. Condea Chemie GmbH (jetzt Sasol Chemie), Hamburg unter dem Handelsnamen Puralox Mg erhältlich.

- 30 Bevorzugt sind weiterhin calcinierte Hydrotalcite, in denen die strukturelle Umwandlung nahezu oder vollständig abgeschlossen ist. Eine Calcinierung, d.h. eine Umwandlung der Struktur läßt sich beispielsweise anhand von Röntgendiffraktogrammen feststellen.

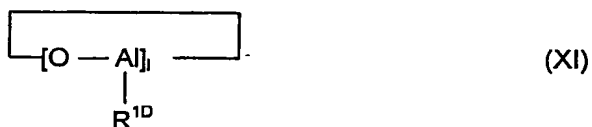
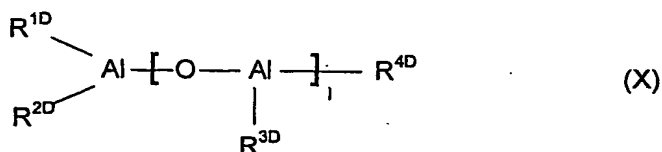
- Die eingesetzten Hydrotalcite, calcinierten Hydrotalcite oder Kieselgele werden in der Regel als
35 feinteilige Pulver mit einem mittleren Teilchendurchmesser D50 von 5 bis 200 µm, vorzugsweise von 10 bis 150 µm, besonders bevorzugt von 15 bis 100 µm und insbesondere von 20 bis 70 µm eingesetzt und weisen üblicherweise Porenvolumina von 0,1 bis 10 cm³/g, bevorzugt von 0,2 bis 5 cm³/g, und spezifische Oberflächen von 30 bis 1000 m²/g, bevorzugt von 50 bis 800 m²/g und insbesondere von 100 bis 600 m²/g auf. Die erfindungsgemässen Monocyclopenta-
40 dienylkomplexe werden dabei bevorzugt in einer Menge aufgebracht, dass die Konzentration

Monocyclopentadienylkomplexe im fertigen Katalysatorsystem 5 bis 200 μmol , bevorzugt 20 bis 100 μmol und besonders bevorzugt 25 bis 70 μmol pro g Träger B) beträgt.

Die erfindungsgemäßen Monocyclopentadienylkomplexe sind für sich teilweise nur wenig polymerisationsaktiv und werden dann mit einem Aktivator, der Komponente C), in Kontakt gebracht um gute Polymerisationsaktivität entfalten zu können. Weiterhin enthält das Katalysatorsystem daher optional als Komponente C) eine oder mehrere aktivierende Verbindungen, bevorzugt mindestens eine kationenbildende Verbindung C).

Geeignete Verbindungen C), die in der Lage sind, durch Reaktion mit dem Monocyclopentadienylkomplex A) diesen in eine katalytisch aktive, bzw. aktivere Verbindung zu überführen, sind z.B. Verbindungen vom Typ eines Aluminoxans, einer starken neutralen Lewis-Säure, einer ionischen Verbindung mit lewissaurem Kation oder einer ionischen Verbindung mit Brönsted-Säure als Kation.

Als Aluminoxane können beispielsweise die in der WO 00/31090, beschriebenen Verbindungen eingesetzt werden. Besonders geeignet sind offenkettige oder cyclische Aluminoxanverbindungen der allgemeinen Formeln (X) oder (XI)



wobei R^{1D} - R^{4D} unabhängig voneinander eine C_1 - C_6 -Alkylgruppe bedeutet, bevorzugt eine Methyl-, Ethyl-, Butyl- oder Isobutylgruppe und I für eine ganze Zahl von 1 bis 30, bevorzugt 5 bis 25 steht.

Eine insbesondere geeignete Aluminoxanverbindung ist Methylaluminoxan.

Die Herstellung dieser oligomeren Aluminoxanverbindungen erfolgt üblicherweise durch kontrollierte Umsetzung einer Lösung von Trialkylaluminium mit Wasser. In der Regel liegen die dabei erhaltenen oligomeren Aluminoxanverbindungen als Gemische unterschiedlich langer, sowohl linearer als auch cyclischer Kettenmoleküle vor, so daß I als Mittelwert anzusehen ist. Die Aluminoxanverbindungen können auch im Gemisch mit anderen Metallalkylen, üblicherweise mit Aluminiumalkylen vorliegen. Als Komponente C) geeignete Aluminoxan-Zubereitungen sind kommerziell erhältlich.

Weiterhin können als Komponente C) anstelle der Aluminoxanverbindungen der allgemeinen Formeln (F X) oder (F XI) auch modifizierte Aluminoxane eingesetzt werden, bei denen teilweise die Kohlenwasserstoffreste oder durch Wasserstoffatome, Alkoxy-, Aryloxy-, Siloxy-, oder Amidreste ersetzt sind.

Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, die Monocyclopentadienylkomplexe A) und die Aluminoxanverbindungen in solchen Mengen zu verwenden, daß das atomare Verhältnis zwischen Aluminium aus den Aluminoxanverbindungen einschliesslich noch enthaltenem Aluminiumalkyl, und dem Übergangsmetall aus dem Monocyclopentadienylkomplex A) im Bereich von 1:1 bis 1000:1, bevorzugt von 10:1 bis 500:1 und insbesondere im Bereich von 20:1 bis 400:1, liegt.

Eine weitere Art von geeigneter aktivierender Komponente C) sind die sogenannten Hydroxyaluminoxane. Diese können beispielsweise durch Zugabe von 0,5 bis 1,2 Äquivalenten Wasser, bevorzugt 0,8 bis 1,2 Äquivalenten Wasser pro Äquivalent Aluminium einer Alkylaluminiumverbindung, insbesondere Triisobutylaluminium, bei niedrigen Temperaturen, üblicherweise unter 0°C hergestellt werden. Derartige Verbindungen und ihre Verwendung in der Olefinpolymerisation sind beispielsweise in der WO 00/24787 beschrieben. Das atomare Verhältnis zwischen Aluminium aus der Hydroxyaluminoxan-Verbindung und dem Übergangsmetall aus dem Monocyclopentadienylkomplex A) liegt üblicherweise im Bereich von 1:1 bis 100:1, bevorzugt von 10:1 bis 50:1 und insbesondere im Bereich von 20:1 bis 40:1. Bevorzugt wird eine Monocyclopentadienylmetall Dialkylverbindung A) eingesetzt.

Als starke, neutrale Lewissäuren sind Verbindungen der allgemeinen Formel (XII)



bevorzugt, in der

- | | | |
|----|----------------------------------|--|
| 30 | M^{2D} | ein Element der 13. Gruppe des Periodensystems der Elemente bedeutet, insbesondere B, Al oder Ga, vorzugsweise B, |
| 35 | X^{1D} , X^{2D} und X^{3D} | für Wasserstoff, C_1 - C_{10} -Alkyl, C_6 - C_{15} -Aryl, Alkylaryl, Arylalkyl, Halogenalkyl oder Halogenaryl mit jeweils 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6 bis 20 C-Atome im Arylrest oder Fluor, Chlor, Brom oder Jod stehen, insbesondere für Halogenaryle, vorzugsweise für Pentafluorphenyl. |

Weitere Beispiele für starke, neutrale Lewissäuren sind in der WO 00/31090 genannt.

Insbesondere sind als Komponente C) Borane und Boroxine geeignet, wie z. B. Trialkylboran, Triarylboran oder Trimethylboroxin. Besonders bevorzugt werden Borane eingesetzt, welche min-

destens zwei perfluorierte Arylreste tragen. Besonders bevorzugt sind Verbindungen der allgemeinen Formel (XII), in der X^{1D} , X^{2D} und X^{3D} gleich sind, vorzugsweise Tris(pentafluorphenyl)boran.

- 5 Geeignete Verbindungen C) werden bevorzugt aus der Reaktion von Aluminium oder Borverbindungen der Formel (XII) mit Wasser, Alkoholen, Phenolderivaten, Thiophenolderivaten oder Anilinderivaten dargestellt, wobei besonders die halogenierten und insbesondere die perfluorierten Alkohole und Phenole von Bedeutung sind. Beispiele für besonders geeignete Verbindungen sind Pentafluorphenol, 1,1-Bis-(pentafluorphenyl)-methanol oder 4-Hydroxy-2,2',3,3',4,4',5,5',6,6'-
- 10 nonafluorbiphenyl. Beispiele für die Kombination von Verbindungen der Formel (XII) mit Brønstedtsäuren sind insbesondere Trimethylaluminium/Pentafluorphenol, Trimethylaluminium/1-Bis-(pentafluorphenyl)-methanol, Trimethylaluminium/4-Hydroxy-2,2',3,3',4,4',5,5',6,6'-nonafluorbiphenyl, Triethylaluminium/Pentafluorphenol oder Triisobutylaluminium/Pentafluorphenol oder Triethylaluminium/4,4'-Dihydroxy-2,2',3,3',5,5',6,6'-octafluorbiphenyl Hydrat.

15

In weiteren geeigneten Aluminium und Bor-Verbindungen der Formel (XII) ist R^{1D} eine OH Gruppe, wie beispielsweise in Boronsäuren und Borinsäuren, wobei insbesondere Borinsäuren mit perfluorierten Arylresten, wie beispielsweise $(C_6F_5)_2BOH$, zu nennen sind.

- 20 Starke neutrale Lewissäuren, die sich als aktivierende Verbindungen C) eignen, sind auch die Reaktionsprodukte aus der Umsetzung einer Boronsäure mit zwei Äquivalenten eines Aluminiumtrialkyls oder die Reaktionsprodukte aus der Umsetzung eines Aluminiumtrialkyls mit zwei Äquivalenten einer aciden fluorierten, insbesondere perfluorierten Kohlenstoffverbindung wie Pentafluorphenol oder Bis-(pentafluorphenyl)-borinsäure.

25

Als ionische Verbindungen mit lewis-sauren Kationen sind salzartige Verbindungen des Kations der allgemeinen Formel (XIII)



30

geeignet, in denen

 M^{3D}

ein Element der 1. bis 16. Gruppe des Periodensystems der Elemente bedeutet,

35

 Q_1 bis Q_z

für einfach negativ geladene Reste wie C_1-C_{28} -Alkyl, C_6-C_{15} -Aryl, Alkylaryl, Arylalkyl, Halogenalkyl, Halogenaryl mit jeweils 6 bis 20 C-Atomen im Aryl- und 1 bis 28 C-Atome im Alkylrest, C_3-C_{10} -Cycloalkyl, welches gegebenenfalls mit C_1-C_{10} -Alkylgruppen substituiert sein kann, Halogen, C_1-C_{28} -Alkoxy, C_6-C_{15} -Aryloxy, Silyl- oder Mercaptylgruppen

40

- a für ganze Zahlen von 1 bis 6 und
- z für ganze Zahlen von 0 bis 5 steht,
- 5 d der Differenz $a - z$ entspricht, wobei d jedoch größer oder gleich 1 ist.

Besonders geeignet sind Carboniumkationen, Oxoniumkationen und Sulfoniumkationen sowie kationische Übergangsmetallkomplexe. Insbesondere sind das Triphenylmethylkation, das Silberkation und das 1,1'-Dimethylferrocenylkation zu nennen. Bevorzugt besitzen sie nicht-

10 koordinierende Gegenionen, insbesondere Borverbindungen wie sie auch in der WO 91/09882 genannt werden, bevorzugt Tetrakis(pentafluorophenyl)borat.

Salze mit nicht koordinierenden Anionen können auch durch Zusammengabe einer Bor- oder Aluminiumverbindung, z.B. einem Aluminiumalkyl, mit einer zweiten Verbindung, die durch Reaktion zwei oder mehrere Bor- oder Aluminiumatome verknüpfen kann, z.B. Wasser, und einer dritten Verbindung, die mit der Bor- oder Aluminiumverbindung eine ionisierende ionische Verbindung bildet, z.B. Triphenylchlormethan, oder optional einer Base, bevorzugt einer organischen stickstoffhaltigen Base, wie zum Beispiel einem Amin, einem Anilinderivat oder einem Stickstoffheterocyclus hergestellt werden. Zusätzlich kann eine vierte Verbindung, die ebenfalls mit der

15 Bor- oder Aluminiumverbindung reagiert, z.B. Pentafluorphenol, hinzugefügt werden.

Ionische Verbindungen mit Brönsted-Säuren als Kationen haben vorzugsweise ebenfalls nicht-koordinierende Gegenionen. Als Brönstedsäure werden insbesondere protonierte Amin- oder Anilinderivate bevorzugt. Bevorzugte Kationen sind N,N-Dimethylanilinium, N,N-Dimethylcyclohexylammonium und N,N-Dimethylbenzylammonium sowie Derivate der beiden letztgenannten.

25

Auch Verbindungen mit anionischen Borheterocyclen, wie sie in der WO 9736937 beschrieben sind eignen sich als Komponente C), insbesondere Dimethylaniliniumboratabenzole oder Tritylboratabenzole.

30

Bevorzugte ionische Verbindungen C) enthalten Borate, welche mindestens zwei perfluorierte Arylreste tragen. Besonders bevorzugt sind N,N-Dimethylaniliniumtetrakis-(pentafluorophenyl)borat und insbesondere N,N-Dimethyl-cyclohexylammoniumtetrakis(pentafluorophenyl)borat, N,N-Dimethylbenzylammoniumtetrakis(pentafluorophenyl)borat oder Trityltetrakis(pentafluorophenyl)borat.

35

Es können auch zwei oder mehrere Boratanionen miteinander verbunden sein, wie in dem Dianion $[(C_6F_5)_2B-C_6F_4-B(C_6F_5)_2]^{2-}$, oder das Boratanion kann über eine Brücke mit einer geeigneten funktionellen Gruppe auf der Trägoberfläche gebunden sein.

40

Weitere geeignete aktivierende Verbindungen C) sind in der WO 00/31090 aufgelistet.

Die Menge an starken, neutralen Lewissäuren, ionischen Verbindungen mit lewissauren Kationen oder ionischen Verbindungen mit Brönsted-Säuren als Kationen beträgt bevorzugt 0,1 bis
5 20 Äquivalente, bevorzugt 1 bis 10 Äquivalente, bezogen auf den Monocyclopentadienylkomplex A):

Geeignete aktivierende Verbindungen C) sind auch Bor-Aluminium-Verbindungen wie Di-
[bis(pentafluorphenylboroxy)]methylalan. Entsprechende Bor-Aluminium-Verbindungen sind
10 beispielsweise die in der WO 99/06414 offenbart.

Es können auch Gemische aller zuvor genannten aktivierenden Verbindungen C) eingesetzt werden. Bevorzugte Mischungen enthalten Aluminoxane, insbesondere Methylaluminoxan, und eine
ionische Verbindung, insbesondere eine, die das Tetrakis(pentafluorphenyl)borat-Anion enthält,
15 und/oder eine starke neutrale Lewissäure, insbesondere Tris(pentafluorphenyl)boran.

Vorzugsweise werden sowohl die Monocyclopentadienylkomplexe A) als auch die aktivierende
Verbindungen C) in einem Lösungsmittel eingesetzt, wobei aromatische Kohlenwasserstoffe mit
6 bis 20 C-Atomen, insbesondere Xylole, Toluol, Pentan, Hexan, Heptan oder Mischungen von
20 diesen bevorzugt sind.

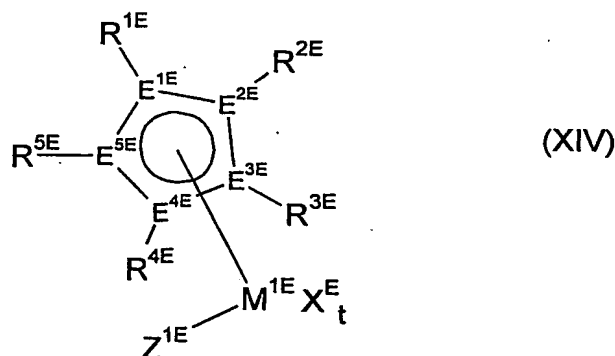
Des weiteren besteht die Möglichkeit eine aktivierende Verbindung C) einzusetzen., welche
gleichzeitig als Träger B) verwendet werden kann. Derartige Systeme werden beispielsweise aus
einem mit Zirkoniumalkoxid behandelten anorganischem Oxid und anschliessender Chlorierung
25 beispielsweise mit Tetrachlorkohlenstoff erhalten. Die Darstellung derartiger Systeme ist beispielsweise in der WO 01/41920 beschrieben.

Ein ebenfalls breites Produktspektrum kann durch Verwendung der erfindungsgemäßen Monocyclopentadienylkomplexe A) in Kombination mit mindestens einem weiteren für die Polymerisation
30 von Olefinen geeigneten Katalysator D) erreicht werden. Daher kann als optionale Komponente D) ein oder mehrere zur Olefinpolymerisation geeignete Katalysatoren im Katalysatorsystem verwendet werden. Als Katalysatoren D) kommen hierbei besonders klassische Ziegler Natta Katalysatoren auf der Basis von Titan und klassische Phillips Katalysatoren auf der Basis von Chromoxiden in Betracht.

35 Als Komponente D) kommen prinzipiell alle organische Gruppen enthaltenden Verbindungen der Übergangsmetalle der 3. bis 12. Gruppe des Periodensystems oder der Lanthaniden in Betracht, die bevorzugt nach Reaktion mit den Komponenten C), in Anwesenheit von A) und optional B) und/oder E) für die Olefinpolymerisation aktive Katalysatoren bilden. Üblicherweise handelt es
40 sich hierbei um Verbindungen, bei denen mindestens ein ein- oder mehrzähniger Ligand über

Sigma- oder Pi-Bindung an das Zentralatom gebunden ist. Als Liganden kommen sowohl solche in Betracht, die Cyclopentadienylreste enthalten, als auch solche, die frei von Cyclopentadienylresten sind. In Chem. Rev. 2000, Vol. 100, Nr. 4 wird eine Vielzahl solcher für die Olefinpolymerisation geeigneter Verbindungen B) beschrieben. Weiterhin sind auch mehrkernige Cyclopentadienylkomplexe für die Olefinpolymerisation geeignet.

Besonders gut geeignete Komponenten D) sind auch solche mit mindestens einem Cyclopentadienyl-Liganden, die gemeinhin als Metallocenkomplexe bezeichnet werden. Hierbei eignen sich besonders Metallocenkomplexe der allgemeinen Formel (XIV)



in der die Substituenten und Indizes folgende Bedeutung haben:

M^{1E}	Titan, Zirkonium, Hafnium, Vanadium, Niob, Tantal, Chrom, Molybdän oder Wolfram, sowie Elemente der 3. Gruppe des Periodensystems und der Lanthaniden,
X^E	Fluor, Chlor, Brom, Jod, Wasserstoff, C_1 - C_{10} -Alkyl, C_2 - C_{10} -Alkenyl, C_6 - C_{15} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6 bis 20 C-Atomen im Arylrest, $-OR^{6E}$ oder $-NR^{6E}R^{7E}$, oder zwei Reste X^E für einen substituierten oder unsubstituierten Dienliganden, insbesondere einen 1,3-Dienliganden, stehen, und die Reste X^E gleich oder verschieden sind und gegebenenfalls miteinander verbunden sind,
$E^{1E}-E^{5E}$	Kohlenstoff oder maximal ein E^{1E} bis E^{5E} Phosphor oder Stickstoff, bevorzugt Kohlenstoff
t	1, 2 oder 3 ist, wobei t entsprechend der Wertigkeit von M^{1E} den Wert aufweist, bei dem der Metallocenkomplex der allgemeinen Formel (F XIV) ungeladen vorliegt,

wobei

R^{6E} und R^{7E}

C_1 - C_{10} -Alkyl, C_6 - C_{15} -Aryl, Alkylaryl, Arylalkyl, Fluoralkyl oder Fluoraryl mit jeweils 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6 bis 20 C-Atomen im Arylrest bedeuten und

R^{1E} bis R^{5E}

unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1 - C_{22} -Alkyl, 5- bis 7-gliedriges Cycloalkyl oder Cycloalkenyl, die ihrerseits durch C_1 - C_{10} -Alkyl substituiert sein können, C_2 - C_{22} -Alkenyl, C_6 - C_{22} -Aryl, Arylalkyl mit 1 bis 16 C-Atomen im Alkylrest und 6-21 C-Atomen im Arylrest, NR^{8E}_2 , $N(SiR^{8E}_3)_2$, OR^{8E} , $OSiR^{8E}_3$, SiR^{8E}_3 , wobei die organischen Reste R^{1E} - R^{5E} auch durch Halogene substituiert sein können und/oder je zwei Reste R^{1E} - R^{5E} , insbesondere vicinale Reste, auch zu einem fünf-, sechs- oder siebengliedrigen Ring verbunden sein können, und/oder dass zwei vicinale Reste R^{1E} - R^{5E} zu einem fünf-, sechs- oder siebengliedrigen Heterocyclus verbunden sein können, welcher mindestens ein Atom aus der Gruppe N, P, O oder S enthält, mit

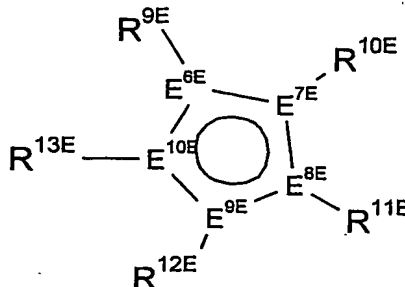
R^{8E}

gleich oder verschieden C_1 - C_{10} -Alkyl, C_3 - C_{10} -Cycloalkyl, C_6 - C_{15} -Aryl, C_1 - C_4 -Alkoxy oder C_6 - C_{10} -Aryloxy sein kann und

Z^{1E}

für X^E oder

steht,



wobei die Reste

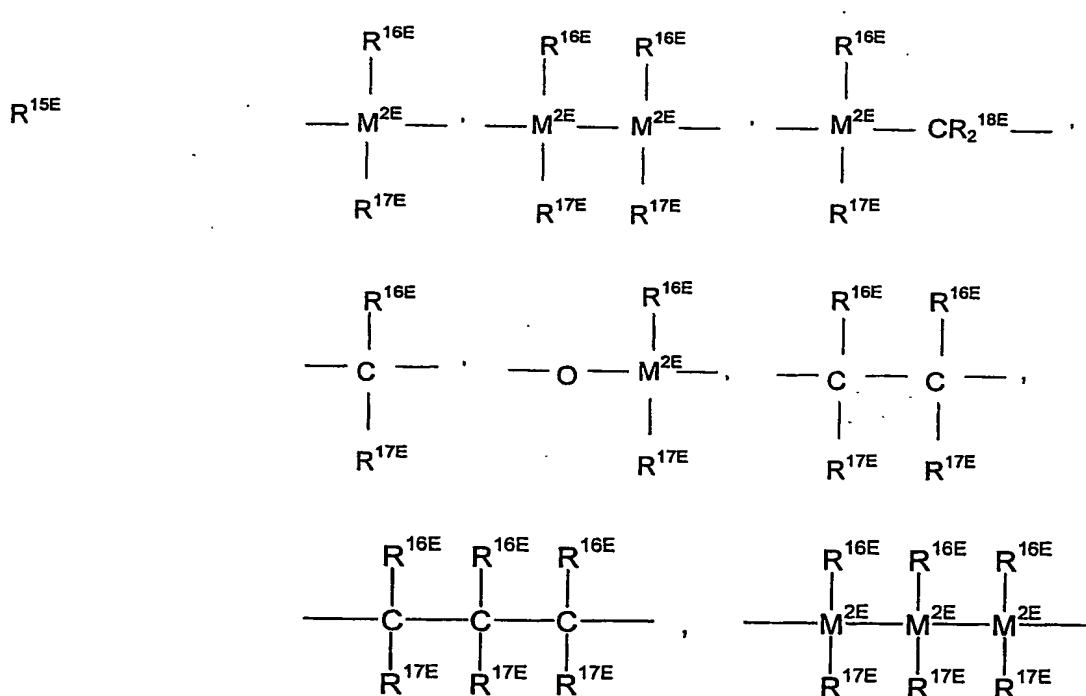
R^{9E} bis R^{13E}

unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1 - C_{22} -Alkyl, 5- bis 7-gliedriges Cycloalkyl oder Cycloalkenyl, die ihrerseits durch C_1 - C_{10} -Alkyl substituiert sein können, C_2 - C_{22} -Alkenyl, C_6 - C_{22} -Aryl, Arylalkyl mit 1 bis 16 C-Atomen im Alkylrest und 6-21 C-Atomen im Arylrest, NR^{14E}_2 , $N(SiR^{14E}_3)_2$, OR^{14E} , $OSiR^{14E}_3$, SiR^{14E}_3 , wobei die organischen Reste R^{9E} - R^{13E} auch durch Halogene substituiert sein können und/oder je zwei Reste R^{9E} - R^{13E} , insbesondere vicinale Reste, auch zu einem fünf-, sechs- oder siebengliedrigen Ring verbunden sein können, und/oder dass zwei vicinale Reste R^{9E} - R^{13E} zu einem fünf-, sechs- oder siebengliedrigen Heterocyclus verbunden sein können, welcher mindestens ein Atom aus der Gruppe N, P, O oder S enthält, mit

R^{14E} gleich oder verschiedenen C_1-C_{10} -Alkyl, C_3-C_{10} -Cycloalkyl, C_6-C_{15} -Aryl, C_1-C_4 -Alkoxy oder C_6-C_{10} -Aryloxy bedeuten,

$E^{6E}-E^{10E}$ Kohlenstoff oder maximal ein E^{6E} bis E^{10E} Phosphor oder Stickstoff, bevorzugt Kohlenstoff

oder wobei die Reste R^{4E} und Z^{1E} gemeinsam eine Gruppierung $-R^{15E}-A^{1E}-$ bilden, in der



$= BR^{16E}, = BNR^{16E}R^{17E}, = AlR^{16E}, -Ge-, -Sn-, -O-, -S-, = SO, = SO_2, = NR^{16E},$
 $= CO, = PR^{16E}$ oder $= P(O)R^{16E}$ ist,

wobei

R^{16E}, R^{17E} und R^{18E} gleich oder verschieden sind und jeweils ein Wasserstoffatom, ein Halogenatom, eine Trimethylsilylgruppe, eine C_1-C_{10} -Alkylgruppe, eine C_1-C_{10} -Fluoral-alkylgruppe, eine C_6-C_{10} -Fluorarylgruppe, eine C_6-C_{10} -Arylgruppe, eine C_1-C_{10} -Alkoxygruppe, eine C_7-C_{15} -Alkylaryloxygruppe, eine C_2-C_{10} -Alkenylgruppe, eine C_7-C_{40} -Arylalkylgruppe, eine C_8-C_{40} -Arylalkenylgruppe oder eine C_7-C_{40} -Alkylarylgruppe bedeuten oder wobei zwei benachbarte Reste jeweils mit den sie verbindenden Atomen einen 4 bis 15 C-Atome aufweisenden gesättigten oder ungesättigten Ring bilden, und

M^{2E} Silicium, Germanium oder Zinn ist, bevorzugt Silicium

A^{1E} $—O—$, $—S—$, >NR^{19E} , >PR^{19E} , $=O$, $=S$, $=NR^{19E}$, $—O—R^{19E}$,

5 $—NR^{19E}_2$, $—PR^{19E}_2$ oder ein unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes, heterocyclisches Ringsystem bedeuten, mit

R^{19E} unabhängig voneinander $C_1—C_{10}$ -Alkyl, $C_6—C_{15}$ -Aryl, $C_3—C_{10}$ -Cycloalkyl, $C_7—C_{18}$ -Alkylaryl oder $Si(R^{20E})_3$,

10

R^{20E} Wasserstoff, $C_1—C_{10}$ -Alkyl, $C_6—C_{15}$ -Aryl, das seinerseits mit $C_1—C_4$ -Alkylgruppen substituiert sein kann oder $C_3—C_{10}$ -Cycloalkyl,

v 1 oder im Fall von A^{1E} gleich ein unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes, heterocyclisches Ringsystem auch 0

15

oder wobei die Reste R^{4E} und R^{12E} gemeinsam eine Gruppierung $—R^{15E}—$ bilden.

A^{1E} kann z.B. zusammen mit der Brücke R^{15E} ein Amin, Ether, Thioether oder Phosphin bilden.

20 A^{1E} kann aber auch ein unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes, heterocyclisches aromatisches Ringsystem darstellen, welches neben Kohlenstoffringgliedern Heteroatome aus der Gruppe Sauerstoff, Schwefel, Stickstoff und Phosphor enthalten kann: Beispiele für 5-Ring Heteroarylgruppen, welche neben Kohlenstoffatomen ein bis vier Stickstoffatome und/oder ein

Schwefel- oder Sauerstoffatom als Ringglieder enthalten können, sind 2-Furyl, 2-Thienyl, 2-

25 Pyrrolyl, 3-Isoxazolyl, 5-Isoxazolyl, 3-Isotiazolyl, 5-Isotiazolyl, 1-Pyrazolyl, 3-Pyrazolyl, 5-

Pyrazolyl, 2-Oxazolyl, 4-Oxazolyl, 5-Oxazolyl, 2-Thiazolyl, 4-Thiazolyl, 5-Thiazolyl, 2-Imidazolyl,

4-Imidazolyl, 5-Imidazolyl, 1,2,4-Oxadiazol-3-yl, 1,2,4-Oxadiazol-5-yl, 1,3,4-Oxadiazol-2-yl oder

1,2,4-Triazol-3-yl. Beispiele für 6-gliedrige Heteroarylgruppen, welche ein bis vier Stickstoffatome

und/oder ein Phosphoratom enthalten können, sind 2-Pyridinyl, 2-Phosphabenzolyl 3-Pyridazinyl,

30 2-Pyrimidinyl, 4-Pyrimidinyl, 2-Pyrazinyl, 1,3,5-Triazin-2-yl und 1,2,4-Triazin-3-yl, 1,2,4-Triazin-5-yl

oder 1,2,4-Triazin-6-yl. Die 5-Ring und 6-Ring Heteroarylgruppen können hierbei auch durch $C_1—C_{10}$ -Alkyl,

$C_6—C_{10}$ -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-10 C-Atomen im Aryl-

rest, Trialkylsilyl oder Halogenen, wie Fluor, Chlor oder Brom substituiert oder mit ein oder mehreren

Aromaten oder Heteroaromaten kondensiert sein. Beispiele für benzokondensierte 5-gliedrige

35 Heteroarylgruppen sind 2-Indolyl, 7-Indolyl, 2-Cumaronyl, 7-Cumaronyl, 2-Thionaphthenyl, 7-

Thionaphthenyl, 3-Indazolyl, 7-Indazolyl, 2-Benzimidazolyl oder 7-Benzimidazolyl. Beispiele für

benzokondensierte 6-gliedrige Heteroarylgruppen sind 2-Chinolyl, 8-Chinolyl, 3-Cinnolyl, 8-

Cinnolyl, 1-Phthalazyl, 2-Chinazolyl, 4-Chinazolyl, 8-Chinazolyl, 5-Chinoxalyl, 4-Acridyl, 1-

Phenanthridyl oder 1-Phenazyl. Bezeichnung und Nummerierung der Heterocyclen wurde aus

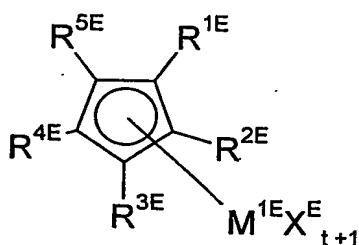
40

L.Fieser und M. Fieser, Lehrbuch der organischen Chemie, 3. neubearbeitete Auflage, Verlag Chemie, Weinheim 1957 entnommen.

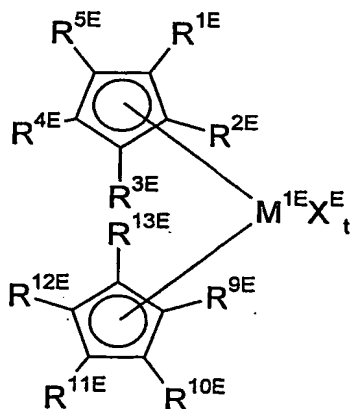
Bevorzugt sind die Reste X^E in der allgemeinen Formel (XIV) gleich, bevorzugt Fluor, Chlor,
5 Brom, C_1 bis C_7 -Alkyl, oder Aralkyl, insbesondere Chlor, Methyl oder Benzyl.

Die Synthese derartiger Komplexverbindungen kann nach an sich bekannten Methoden erfolgen,
wobei die Umsetzung der entsprechend substituierten, cyclischen Kohlenwasserstoffanionen
10 mit Halogeniden von Titan, Zirkonium, Hafnium oder Chrom, bevorzugt ist.

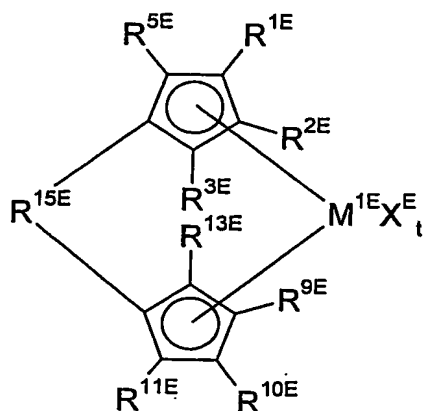
Von den Metallocenkomplexen der allgemeinen Formel (XIV) sind



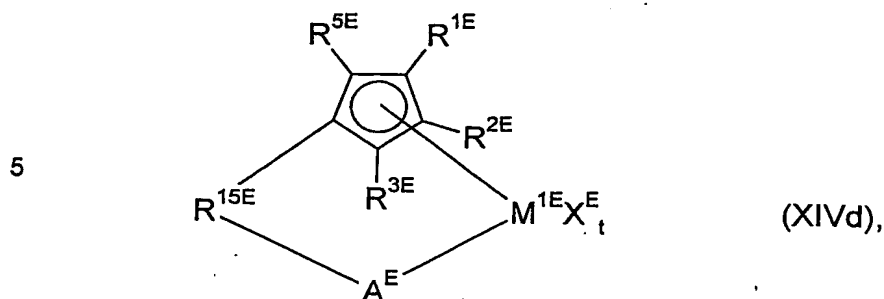
(XIV a),



(XIV b),



(XIV c),



10 bevorzugt.

Von den Verbindungen der Formel (XIVa) sind insbesondere diejenigen bevorzugt, in denen

M^{1E} Titan, Vanadium oder Chrom

X^E Chlor, C_1 - C_4 -Alkyl, Phenyl, Alkoxy oder Aryloxy

15 t die Zahl 1 oder 2 und

R^{1E} bis R^{5E} Wasserstoff, C_1 - C_6 -Alkyl oder zwei benachbarte R^{1E} bis R^{5E} eine substituierte oder unsubstituierte Benzogruppe bedeuten.

Von den Verbindungen der Formel (XIVb) sind als bevorzugt diejenigen zu nennen, bei denen

20 M^{1E} für Titan, Zirkon, Vanadium, Hafnium oder Chrom steht,

X^E Fluor, Chlor, C_1 - C_4 -Alkyl oder Benzyl bedeuten, oder zwei Reste X^E für einen substituierten oder unsubstituierten Butadienliganden stehen,

t 0 für Chrom, ansonsten 1 oder 2, bevorzugt 2

R^{1E} bis R^{5E} Wasserstoff, C_1 - C_8 -Alkyl, C_6 - C_8 -Aryl, NR^{8E}_2 , $OSiR^{8E}_3$ oder $Si(R^{8E})_3$ und

25 R^{9E} bis R^{13E} Wasserstoff, C_1 - C_8 -Alkyl oder C_6 - C_8 -Aryl, NR^{14E}_2 , $OSiR^{14E}_3$ oder $Si(R^{14E})_3$ oder jeweils zwei Reste R^1 bis R^5 und/oder R^9 bis R^{13} zusammen mit dem C_5 -Ring ein Indenyl- oder substituiertes Indenyl-System bedeuten.

30 Insbesondere sind die Verbindungen der Formel (XIVb) geeignet, in denen die Cyclopentadienyl-reste gleich sind.

Beispiele für besonders geeignete Verbindungen D) der Formel (XIVb) sind u.a.:

Bis(cyclopentadienyl)zirkoniumdichlorid, Bis(pentamethylcyclopentadienyl)zirkoniumdichlorid,

Bis(methylcyclopentadienyl)zirkoniumdichlorid, Bis(ethylcyclopentadienyl)zirkoniumdichlorid,

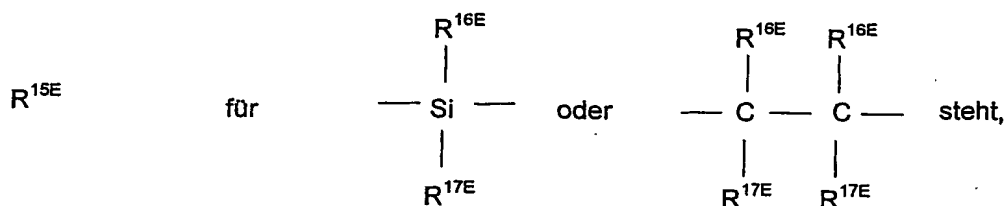
35 Bis(n-butylcyclopentadienyl)zirkoniumdichlorid, Bis(1-n-butyl-3-methylcyclopentadienyl)-

zirkoniumdichlorid, Bis(indenyl)zirkoniumdichlorid, Bis(tetrahydroindenyl)zirkoniumdichlorid und

Bis(trimethylsilylcyclopentadienyl)zirkoniumdichlorid

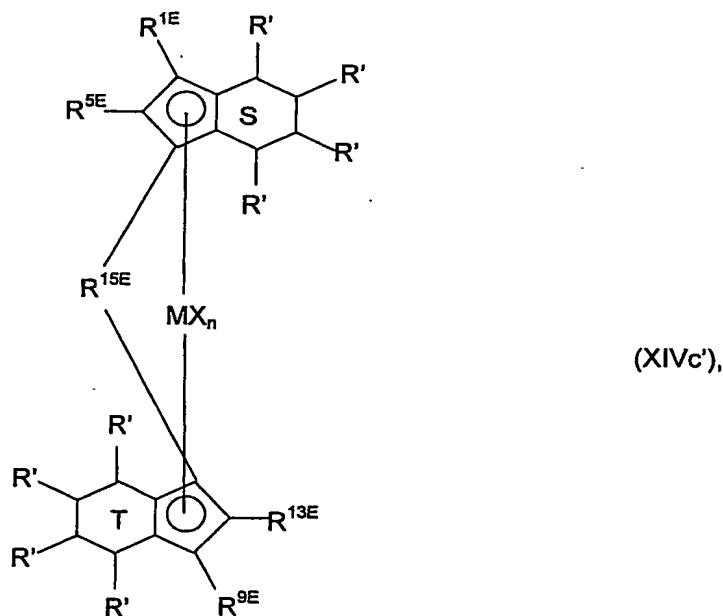
sowie die entsprechenden Dimethylzirkoniumverbindungen.

40 Von den Verbindungen der Formel (XIVc) sind diejenigen besonders geeignet, in denen



M^{1E} oder = BR^{16E} oder = $BNR^{16E}R^{17E}$ bedeuten,
 X^E für Titan, Zirkon oder Hafnium, insbesondere Zirkon und
 gleich oder verschieden für Chlor, C_1 - C_4 -Alkyl, Benzyl, Phenyl oder C_7 - C_{15} -
 Alkylaryloxy stehen.

Insbesondere geeignete Verbindungen der Formel (XIVc) sind solche der Formel (XIVc')



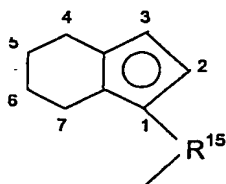
in der

30 die Reste R' gleich oder verschieden sind und Wasserstoff, C_1 - C_{10} -Alkyl oder C_3 - C_{10} -Cycloalkyl, bevorzugt Methyl, Ethyl, Isopropyl oder Cyclohexyl, C_6 - C_{20} -Aryl, bevorzugt Phenyl, Naphthyl oder Mesityl, C_7 - C_{40} -Arylalkyl, C_7 - C_{40} -Alkylaryl, bevorzugt 4-tert.-Butylphenyl oder 3,5-Di-tert.-butylphenyl, oder C_8 - C_{40} -Arylalkenyl bedeuten,

35 R^{5E} und R^{13E} gleich oder verschieden sind und für Wasserstoff, C_1 - C_6 -Alkyl, bevorzugt Methyl, Ethyl, Isopropyl, n-Propyl, n-Butyl, n-Hexyl oder tert.-Butyl, stehen,
 und die Ringe S und T gleich oder verschieden, gesättigt, ungesättigt oder teilweise gesättigt sind.

Die Indenyl- bzw. Tetrahydroindenylliganden der Metallocene der Formel (XIVc') sind bevorzugt in 2-, 2,4-, 4,7-, 2,4,7-, 2,6-, 2,4,6-, 2,5,6-, 2,4,5,6- oder 2,4,5,6,7-Stellung, insbesondere in 2,4-Stellung substituiert, wobei für den Substitutionsort die folgende Nomenklatur gilt:

5



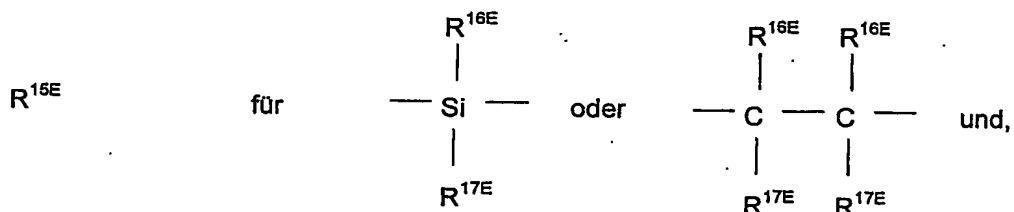
- 10 Als Komponente D) werden ausserdem bevorzugt verbrückte Bis-Indenyl-Komplexe in der Rac- oder Pseudo-Rac-Form eingesetzt, wobei es sich bei der pseudo-Rac-Form um solche Komplexe handelt, bei denen die beiden Indenyl-Liganden ohne Berücksichtigung aller anderen Substituenten des Komplexes relativ zueinander in der Rac-Anordnung stehen.
- 15 Weitere Beispiele für besonders geeignete Katalysatoren D) (XIVc) und (XIVc') sind u.a. Dimethylsilandiylbis(cyclopentadienyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(indenyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(tetrahydroindenyl)zirkoniumdichlorid, Ethylenbis(cyclopentadienyl)zirkoniumdichlorid, Ethylenbis(indenyl)zirkoniumdichlorid, Ethylenbis(tetrahydroindenyl)zirkoniumdichlorid, Tetramethylethylen-9-fluorenylcyclopentadienylzirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis-
- 20 (3-tert.butyl-5-methylcyclopentadienyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(3-tert.butyl-5-ethylcyclopentadienyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(2-methylindenyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(2-isopropylindenyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(2-tert.butylindenyl)zirkoniumdichlorid, Diethylsilandiylbis(2-methylindenyl)zirkoniumdibromid, Dimethylsilandiylbis(3-methyl-5-methylcyclopentadienyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(3-ethyl-5-isopropylcyclopentadienyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(2-ethylindenyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4,5-benzindenyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4,5-benzindenyl)zirkoniumdichlorid, Methylphenylsilandiylbis(2-methyl-4,5-benzindenyl)zirkoniumdichlorid, Methylphenylsilandiylbis(2-ethyl-4,5-benzindenyl)zirkoniumdichlorid, Diphenylsilandiylbis(2-methyl-4,5-benzindenyl)zirkoniumdichlorid, Diphenylsilandiylbis(2-ethyl-4,5-benzindenyl)zirkoniumdichlorid, Diphenylsilandiylbis(2-methylindenyl)hafniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-phenylindenyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-phenylindenyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-(1-naphthyl)indenyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-(1-naphthyl)indenyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(2-propyl-4-(1-naphthyl)indenyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(2-i-butyl-4-(1-naphthyl)indenyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(2-propyl-4-(9-phenanthryl)indenyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-isopropylindenyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(2,7-dimethyl-4-isopropylindenyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4,6-diisopropylindenyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4[p-trifluormethylphenyl]indenyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-[3',5'-dimethylphenyl]indenyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-[4'-tert.butylphenyl]indenyl)zirkonium-
- 40

dichlorid, Diethylsilandiylbis(2-methyl-4-[4'-tert.butylphenyl]indenyl)-zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-[4'-tert.butylphenyl]indenyl)-zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(2-propyl-4-[4'-tert.butylphenyl]indenyl)-zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(2-isopropyl-4-[4'-tert.butylphenyl]indenyl)-zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(2-n-butyl-4-[4'-tert.butylphenyl]indenyl)-zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(2-hexyl-4-[4'-tert.butylphenyl]indenyl)-zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiyl(2-isopropyl-4-phenyl-indenyl)-(2-methyl-4-phenyl-indenyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiyl(2-isopropyl-4-(1-naphthyl)-indenyl)-(2-methyl-4-(1-naphthyl)-indenyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiyl(2-isopropyl-4-[4'-tert.butylphenyl]indenyl)-(2-methyl-4-[4'-tert.butylphenyl]indenyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiyl(2-isopropyl-4-[4'-tert.butylphenyl]indenyl)-(2-ethyl-4-[4'-tert.butylphenyl]indenyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiyl(2-isopropyl-4-[4'-tert.butylphenyl]indenyl)-(2-methyl-4-[3',5'-bis-tert.butylphenyl]indenyl)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiyl(2-isopropyl-4-[4'-tert.butylphenyl]indenyl)-(2-methyl-4-[1'-naphthyl]indenyl)zirkoniumdichlorid und Ethylen(2-isopropyl-4-[4'-tert.butylphenyl]indenyl)-(2-methyl-4-[4'-tert.butylphenyl]indenyl)zirkoniumdichlorid, sowie die entsprechenden Dimethyl-, Monochloromono(alkylaryloxy)- und Di-(alkylaryloxy)-zirkoniumverbindungen. Die Komplexe werden bevorzugt in der rac-Form eingesetzt.

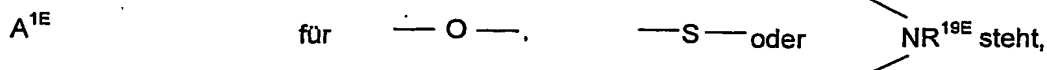
Die Synthese derartiger Komplexverbindungen kann nach an sich bekannten Methoden erfolgen, wobei die Umsetzung der entsprechend substituierten, cyclischen Kohlenwasserstoffanionen mit Halogeniden von Titan, Zirkonium, Hafnium, Vanadium, Niob, Tantal oder Chrom, bevorzugt ist. Beispiele für entsprechende Herstellungsverfahren sind u.a. im Journal of Organometallic Chemistry, 369 (1989), 359-370 beschrieben.

Bei den Verbindungen der allgemeinen Formel (XIVd) sind als besonders geeignet diejenigen zu nennen, in denen

M^{1E} für Titan oder Zirkonium, insbesondere Titan, und
 X^E für Chlor, C_1 - C_4 -Alkyl oder Phenyl stehen oder zwei Reste X für einen substituierten oder unsubstituierten Butadienliganden stehen.



35 oder = BR^{16E} oder = $BNR^{16E}R^{17E}$ bedeuten,



t für 1 oder 2, bevorzugt 2 steht,

R^{1E} bis R^{3E} und R^{5E} für Wasserstoff, C_1 - C_{10} -Alkyl, bevorzugt Methyl, C_3 - C_{10} -Cycloalkyl, C_6 - C_{15} -Aryl NR^{8E}_2 oder $Si(R^{8E})_3$ stehen, oder wobei zwei benachbarte Reste für 4 bis 12 C-Atome aufweisende cyclische Gruppen stehen, wobei besonders bevorzugt alle R^1 bis R^3 und R^5 Methyl sind.

5

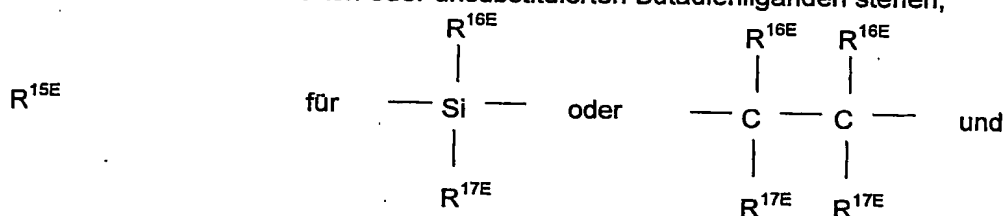
Besonders geeignete Komplexe D) der Formel (XIVd) sind hierbei Dimethylsilandiyl-(tetramethylcyclopentadienyl)(benzyl-amino)titandichlorid, Dimethylsilandiyl-(tetramethylcyclopentadienyl)(tert.butyl-amino)titandichlorid, Dimethylsilandiyl-(tetramethylcyclopentadienyl)(adamantyl)titandichlorid oder Dimethylsilandiyl(indenyl)(tert.butyl-amino)titandichlorid.

10

Eine andere Gruppe von Verbindungen der Formel (XIVd), die besonders geeignet sind, die diejenigen in den

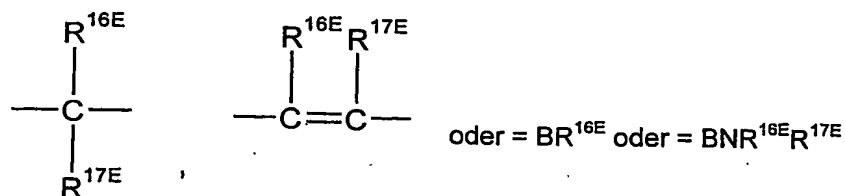
M^{1E} für Titan, Vanadium oder Chrom, bevorzugt in der Oxidationsstufe III und
 X^E für Chlor, C_1 - C_4 -Alkyl oder Phenyl stehen oder zwei Reste X^E für einen substituierten oder unsubstituierten Butadienliganden stehen,

15



20

25



bedeuten,

30 A^{1E}

für $-O-R^{19E}$, $-NR^{19E}_2$, $-PR^{19E}_2$ oder ein unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes, heterocyclisches, insbesondere heteroaromatisches Ringsystem steht,

v

35

1 oder im Fall von A^{1E} gleich ein unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes, heterocyclisches Ringsystem 0 oder 1,

R^{1E} bis R^{3E} und R^{5E} für Wasserstoff, C_1 - C_{10} -Alkyl, C_3 - C_{10} -Cycloalkyl, C_6 - C_{15} -Aryl oder $Si(R^{8E})_3$ stehen, oder wobei zwei benachbarte Reste für 4 bis 12 C-Atome aufweisende cyclische Gruppen stehen.

40

In einer bevorzugten Ausführungsform ist A^{1E} hierin ein unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes, heteroaromatisches Ringsystem und M^{1E} Chrom. Ganz besonders bevorzugt ist A^{1E} ein unsubstituiertes oder substituiertes, z.B. alkylsubstituiertes, insbesondere in Position 8 oder 2 verknüpft substituiertes oder unsubstituiertes Chinolyl oder Pyridyl und v gleich 0, z.B. 8-Chinolyl, 8-(2-Methylchinolyl), 8-(2,3,4-Trimethylchinolyl), 8-(2,3,4,5,6,7-Hexamethylchinolyl), v gleich 0 und M^{1E} gleich Chrom. Bevorzugte Katalysatoren D) dieser Art sind 1-(8-Chinolyl)-2-methyl-4-methylcyclopentadienylchrom(III)dichlorid, 1-(8-Chinolyl)-3-isopropyl-5-methylcyclopentadienylchrom(III)dichlorid, 1-(8-Chinolyl)-3-tert.butyl-5-methylcyclopentadienylchrom(III)dichlorid, 1-(8-Chinolyl)-2,3,4,5-tetramethylcyclopentadienylchrom(III)dichlorid, 1-(8-Chinolyl)tetrahydroindenylchrom(III)dichlorid, 1-(8-Chinolyl)indenylchrom(III)dichlorid, 1-(8-Chinolyl)-2-methylindenylchrom(III)dichlorid, 1-(8-Chinolyl)-2-isopropylindenylchrom(III)dichlorid, 1-(8-Chinolyl)-2-ethylindenylchrom(III)dichlorid, 1-(8-Chinolyl)-2-tert.butylindenylchrom(III)dichlorid, 1-(8-Chinolyl)benzindenylchrom(III)dichlorid, 1-(8-Chinolyl)-2-methylbenzindenylchrom(III)dichlorid, 1-(8-(2-Methylchinolyl))-2-methyl-4-methylcyclopentadienylchrom(III)dichlorid, 1-(8-(2-Methylchinolyl))-2,3,4,5-tetramethylcyclopentadienylchrom(III)dichlorid, 1-(8-(2-Methylchinolyl))tetrahydroindenylchrom(III)dichlorid, 1-(8-(2-Methylchinolyl))indenylchrom(III)dichlorid, 1-(8-(2-Methylchinolyl))-2-methylindenylchrom(III)dichlorid, 1-(8-(2-Methylchinolyl))-2-isopropylindenylchrom(III)dichlorid, 1-(8-(2-Methylchinolyl))-2-ethylindenylchrom(III)dichlorid, 1-(8-(2-Methylchinolyl))-2-tert.butylindenylchrom(III)dichlorid, 1-(8-(2-Methylchinolyl))-benzindenylchrom(III)dichlorid oder 1-(8-(2-Methylchinolyl))-2-methylbenzindenylchrom(III)dichlorid.

Weiterhin bevorzugt wegen der einfachen Darstellbarkeit ist die Kombination von R^{15E} gleich $CH=CH$ oder 1,2-Phenylen mit A^{1E} gleich NR^{19E}_2 , als auch R^{15E} gleich CH_2 , $C(CH_3)_2$ oder $Si(CH_3)_2$ und A^{1E} gleich unsubstituiertes oder substituiertes 8-Chinolyl oder unsubstituiertes oder substituiertes 2-Pyridyl.

Die Herstellung derartiger funktioneller Cyclopentadienyl-Liganden ist seit langer Zeit bekannt. Verschiedene Synthesewege für diese Komplexliganden werden z.B. von M. Enders et. al. in Chem. Ber. (1996), 129, 459-463 oder P. Jutzi und U. Siemeling in J. Orgmet. Chem. (1995), 500, 175-185 beschrieben. Die Metallkomplexe, insbesondere die Chromkomplexe, lassen sich auf einfache Weise erhalten, wenn man die entsprechenden Metallsalze wie z.B. Metallchloride mit dem Ligandanon umsetzt (z.B. analog zu den Beispielen in DE-A-19710615).

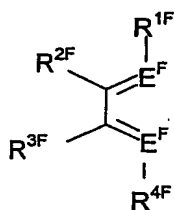
Weitere geeignete Katalysatoren D) sind Metallocene, mit mindestens einem Liganden, der aus einem Cyclopentadienyl oder Heterocyclopentadienyl mit einem ankondensierten Heterocyclus gebildet wird, wobei die Heterocyclen bevorzugt aromatisch sind und Stickstoff und/oder Schwefel enthalten. Derartige Verbindungen sind beispielsweise in der WO 98/22486 beschrieben. Dies sind insbesondere Dimethylsilandiyl-(2-methyl-4-phenyl-indenyl)-(2,5-dimethyl-N-phenyl-4-azapentalen)zirkoniumdichlorid, Dimethylsilandiylbis(2-methyl-4-phenyl-4-hydroazulenyl)zirkoniumdichlorid oder Dimethylsilandiylbis(2-ethyl-4-phenyl-4-hydroazulenyl)zirkoniumdichlorid.

Des weiteren sind Systeme als Katalysatoren D) geeignet, worin eine Metallocenverbindung beispielsweise mit einem anorganischem Oxid, welches mit Zirkoniumalkoxid behandelt wurde und anschliessend chloriert, beispielsweise mit Tetrachlorkohlenstoff, kombiniert wird. Die Darstellung derartiger Systeme ist beispielsweise in der WO 01/41920 beschrieben.

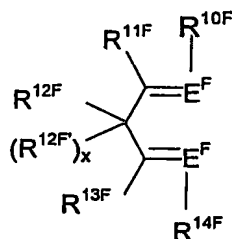
Geignete Katalysatoren D) sind außerdem Imidochromverbindungen, worin Chrom als strukturelles Merkmal mindestens eine Imidogruppe trägt. Diese Verbindungen und deren Herstellung sind z.B. in der WO 01/09148 beschrieben.

Weitere geeignete Komponenten D) sind Übergangsmetallkomplexe mit einem dreizähligen macrocyclischen Liganden, insbesondere substituierten und unsubstituierten 1,3,5-Triazacyclohexanen und 1,4,7-Triazacyclononanen. Bei dieser Art von Katalysatoren sind ebenfalls die Chromkomplexe bevorzugt. Bevorzugte Katalysatoren dieser Art sind [1,3,5-Tri(methyl)-1,3,5-Triazacyclohexan]chromtrichlorid, [1,3,5-Tri(ethyl)-1,3,5-Triazacyclohexan]chromtrichlorid, [1,3,5-Tri(octyl)-1,3,5-Triazacyclohexan]chromtrichlorid, [1,3,5-Tri(dodecyl)-1,3,5-Triazacyclohexan]chromtrichlorid und [1,3,5-Tri(benzyl)-1,3,5-Triazacyclohexan]chromtrichlorid.

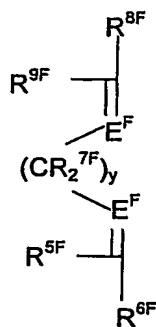
Geeignete Katalysatoren D) sind weiterhin zum Beispiel Übergangsmetallkomplexe mit mindestens einem Liganden der allgemeinen Formeln XV bis XIX,



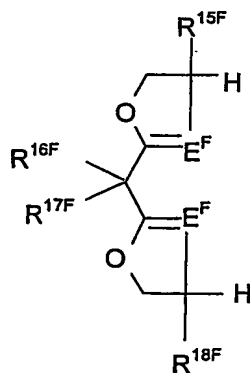
XV



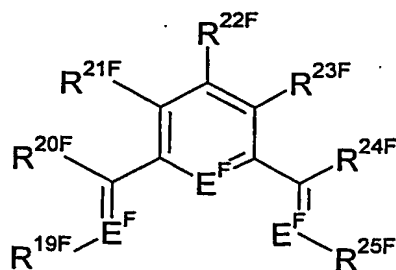
XVI



XVII



XVIII



XIX

wobei das Übergangsmetall ausgewählt ist aus den Elementen Ti, Zr, Hf, Sc, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Fe, Co, Ni, Pd, Pt oder ein Element der Seltenerd-Metalle. Bevorzugt sind hierbei Verbindungen mit Nickel, Eisen, Kobalt und Palladium als Zentralmetall.

- 5 E^F ist ein Element der 15. Gruppe des Periodensystems der Elemente bevorzugt N oder P, wobei N besonders bevorzugt ist. Die zwei oder drei Atome E^F in einem Molekül können dabei gleich oder verschieden sein.

- 10 Die Reste R^{1F} bis R^{25F} , die innerhalb eines Ligandsystems XV bis XIX gleich oder verschieden sein können, stehen dabei für folgende Gruppen:

15 R^{1F} und R^{4F} unabhängig voneinander für Kohlenwasserstoff- oder substituierte Kohlenwasserstoffreste, bevorzugt sind dabei Kohlenwasserstoffreste bei denen das dem Element E^F benachbarte Kohlenstoffatom mindestens mit zwei Kohlenstoffatomen verbunden ist,

20 R^{2F} und R^{3F} unabhängig voneinander für Wasserstoff, Kohlenwasserstoff- oder substituierte Kohlenwasserstoffreste, wobei R^{2F} und R^{3F} auch zusammen ein Ringsystem bilden können, in dem auch ein oder mehrere Heteroatome vorhanden sein können,

R^{6F} und R^{8F} unabhängig voneinander für Kohlenwasserstoff- oder substituierte Kohlenwasserstoffreste,

25 R^{5F} und R^{9F} unabhängig voneinander für Wasserstoff, Kohlenwasserstoff- oder substituierte Kohlenwasserstoffreste,

wobei R^{6F} und R^{5F} bzw. R^{8F} und R^{9F} auch zusammen ein Ringsystem bilden können,

30 R^{7F} unabhängig voneinander für Wasserstoff, Kohlenwasserstoff- oder substituierte Kohlenwasserstoffreste, wobei zwei R^{7F} auch zusammen ein Ringsystem bilden können,

35 R^{10F} und R^{14F} unabhängig voneinander für Kohlenwasserstoff- oder substituierte Kohlenwasserstoffreste,

40 R^{11F} , R^{12F} , $R^{12F'}$ und R^{13F} unabhängig voneinander für Wasserstoff, Kohlenwasserstoff oder substituierte Kohlenwasserstoffreste, wobei auch zwei oder mehr geminale oder vicinale Reste R^{11A} , R^{12A} , $R^{12A'}$ und R^{13A} zusammen ein Ringsystem bilden können,

R^{15F} und R^{18F} unabhängig voneinander für Wasserstoff, Kohlenwasserstoff- oder substituierte Kohlenwasserstoffreste,

5 R^{16F} und R^{17F} unabhängig voneinander für Wasserstoff, Kohlenwasserstoff- oder substituierte Kohlenwasserstoffreste,

10 R^{19F} und R^{25F} unabhängig voneinander C_2 - C_{20} -Alkenyl, C_6 - C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest, wobei die organischen Reste R^{19F} und R^{25F} auch durch Halogene substituiert sein können,

15 R^{20F} - R^{24F} unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1 - C_{20} -Alkyl, C_2 - C_{20} -Alkenyl, C_6 - C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest oder SiR^{26F}_3 bedeutet, wobei die organischen Reste R^{20F} - R^{24F} auch durch Halogene substituiert sein können und je zwei vicinale Reste R^{20F} - R^{24F} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können und

20 R^{26F} unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1 - C_{20} -Alkyl, C_2 - C_{20} -Alkenyl, C_6 - C_{20} -Aryl oder Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest bedeutet und je zwei Reste R^{26F} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können.

25 x für 0 oder 1, wobei der komplex der Formel (XVI) für x gleich 0 negativ geladen ist und

y für eine ganze Zahl zwischen 1 und 4 bevorzugt 2 oder 3.

30 Besonders geeignete sind Übergangsmetallkomplexe mit Fe, Co, Ni, Pd oder Pt als Zentralmetall und Liganden der Formel (XV). Besonders bevorzugt sind Diiminkomplexe des Ni oder Pd, z.B.:

35 Di(2,6-di-i-propyl-phenyl)-2,3-dimethyl-diazabutadien-palladiumdichlorid, Di(di-i-propyl-phenyl)-2,3-dimethyl-diazabutadien-nickel-dichlorid, Di(2,6-di-i-propyl-phenyl)-dimethyl-diazabutadien-palladium-dimethyl, Di(2,6-di-i-propyl-phenyl)-2,3-dimethyl-diazabutadien-nickel-dimethyl, Di(2,6-dimethyl-phenyl)-2,3-dimethyl-diazabutadien-palladiumdichlorid, Di(2,6-dimethyl-phenyl)-2,3-dimethyl-diazabutadien-nickel-dichlorid, Di(2,6-dimethyl-phenyl)-2,3-dimethyl-diazabutadien-palladium-dimethyl, Di(2,6-dimethyl-phenyl)-2,3-dimethyl-diazabutadien-nickel-dimethyl, Di(2-methyl-phenyl)-2,3-dimethyl-diazabutadien-palladium-dichlorid, Di(2-methyl-phenyl)-2,3-dimethyl-diazabutadien-nickel-dichlorid, Di(2-methyl-phenyl)-2,3-dimethyl-diazabutadien-palladium-dimethyl, Di(2-methyl-phenyl)-2,3-dimethyl-diazabutadien-nickel-di-

40

methyl, Diphenyl-2,3-dimethyl-diazabutadien-palladium-dichlorid, Diphenyl-2,3-dimethyl-diazabutadien-nickel-dichlorid, Diphenyl-2,3-dimethyl-diazabutadien-palladium-dimethyl, Diphenyl-2,3-dimethyl-diazabutadien-nickel-dimethyl, Di(2,6-dimethyl-phenyl)-azanaphthen-palladium-dichlorid, Di(2,6-dimethyl-phenyl)-azanaphthen-nickel-dichlorid, Di(2,6-dimethyl-phenyl)-azanaphthen-palladium-dimethyl, Di(2,6-dimethyl-phenyl)-azanaphthen-nickel-dimethyl, 1,1'-Dipyridyl-palladium-dichlorid, 1,1'-Dipyridyl-nickel-dichlorid, 1,1'-Dipyridyl-palladium-dimethyl, 1,1'-Dipyridyl-nickel-dimethyl.

- Besonders geeignete Verbindungen (XIX) sind auch solche, die in J. Am. Chem. Soc. 120, S. 4049 ff. (1998), J. Chem. Soc., Chem. Commun. 1998, 849 und WO 98/27124 beschrieben sind. E^F ist bevorzugt Stickstoff und R^{19F} und R^{25F} sind in (XIX) bevorzugt Phenyl, Naphthyl, Biphenyl, Anthranyl, o-, m-, p-Methylphenyl, 2,3-, 2,4-, 2,5-, oder 2,6-Dimethylphenyl, -Dichlorphenyl, oder -Dibromphenyl, 2-Chlor-6-methylphenyl, 2,3,4-, 2,3,5-, 2,3,6-, 2,4,5-, 2,4,6- oder 3,4,5-Trimethylphenyl, insbesondere 2,3- oder 2,6-Dimethylphenyl, -Diisopropylphenyl, -Dichlorphenyl, oder -Dibromphenyl und 2,4,6-Trimethylphenyl. Gleichzeitig sind R^{20F} und R^{24F} bevorzugt Wasserstoff, Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, tert.-Butyl, n-Pentyl, n-Hexyl, n-Heptyl, n-Octyl, Benzyl oder Phenyl, insbesondere Wasserstoff oder Methyl. R^{21F} und R^{23F} sind bevorzugt Wasserstoff und R^{22F} bevorzugt Wasserstoff, Methyl, Ethyl oder Phenyl, insbesondere Wasserstoff. Bevorzugt sind Komplexe der Liganden F-XIX mit Übergangsmetallen Fe, Co oder Ni, insbesondere Fe.
- Besonders bevorzugt sind 2,6-Diacetylpyridinbis(2,4-dimethylphenylimin)eisendichlorid, 2,6-Diacetylpyridinbis(2,4,6-trimethylphenylimin)eisendichlorid, 2,6-Diacetylpyridinbis(2-chlor-6-methylphenyl)eisendichlorid, 2,6-Diacetylpyridinbis(2,6-diisopropylphenylimin)eisendichlorid, 2,6-Diacetylpyridinbis(2,6-dichlorphenylimin)eisendichlorid, 2,6-Pyridindicarboxaldehydbis(2,6-diisopropylphenylimin)eisendichlorid, 2,6-Diacetylpyridinbis(2,4-dimethylphenylimin)cobaltdichlorid, 2,6-Diacetylpyridinbis(2,4,6-trimethylphenylimin)cobaltdichlorid, 2,6-Diacetylpyridinbis(2-chlor-6-methylphenyl)cobaltdichlorid, 2,6-Diacetylpyridinbis(2,6-diisopropylphenylimin)cobaltdichlorid, 2,6-Diacetylpyridinbis(2,6-dichlorphenylimin)cobaltdichlorid und 2,6-Pyridindicarboxaldehydbis(2,6-diisopropylphenylimin)cobaltdichlorid.
- Als Katalysatoren D) können auch Iminophenolat-Komplexe verwendet werden, wobei die Liganden beispielsweise ausgehend von substituierten oder unsubstituierten Salicylaldehyden und primären Aminen, insbesondere substituierten oder unsubstituierten Arylaminen, hergestellt werden. Auch Übergangsmetallkomplexe mit Pi-Liganden, die im Pi-System ein oder mehrere Heteroatome enthalten, wie beispielsweise der Boratabenzolligand, das Pyrrolylanion oder das Phospholyanion, lassen sich als Katalysatoren D) einsetzen.

Des weiteren sind als Katalysatoren D) Komplexe geeignet die zwei oder dreizählige chelatisierende Liganden besitzen. Bei derartigen Liganden ist beispielsweise eine Ether- mit einer Amin- oder Amid-Funktionalität oder ein Amid mit einem Heteroaromaten wie Pyridin verknüpft.

- Durch derartige Kombinationen von Komponenten A) und D) können z.B. bimodale Produkte hergestellt oder in situ Comonomer erzeugt werden. Bevorzugt wird hierbei mindestens Monocyclopentadienylkomplex A) in Gegenwart von mindestens einem für die Polymerisation von Olefinen üblichen Katalysator D) und gewünschtenfalls ein oder mehreren aktivierende Verbindungen C) verwendet. Hierbei sind je nach Katalysatorkombinationen A) und D) ein oder mehrere aktivierende Verbindungen C) vorteilhaft. Die Polymerisationskatalysatoren D) können ebenfalls geträgert sein und gleichzeitig oder in einer beliebigen Reihenfolge mit dem erfindungsgemäßen Komplex A) verwendet werden. Dabei können der Monocyclopentadienylkomplex A) und die Polymerisationskatalysatoren D) beispielsweise zusammen auf einem Träger B) oder verschiedenen Trägern B) aufgebracht sein. Als Komponente D) können auch Mischungen verschiedener Katalysatoren eingesetzt werden. Das molare Verhältnis von Monocyclopentadienylkomplex A) zu Polymerisationskatalysator B) liegt üblicherweise im Bereich von 1:100 bis 100:1, bevorzugt von 1:20 bis 20:1 und besonders bevorzugt von 1:10 bis 10:1.
- Das Katalysatorsystem kann als weitere Komponente E) zusätzlich noch eine Metallverbindung der allgemeinen Formel (XX),



20

in der

M^G Li, Na, K, Be, Mg, Ca, Sr, Ba, Bor, Aluminium, Gallium, Indium, Thallium, Zink insbesondere Li, Na, K, Mg, Bor, Aluminium oder Zn bedeutet,

25

R^{1G} Wasserstoff, C_1-C_{10} -Alkyl, C_6-C_{15} -Aryl, Alkylaryl oder Arylalkyl mit jeweils 1 bis 10 C-Atom im Alkylrest und 6 bis 20 C-Atomen im Arylrest,

30

R^{2G} und R^{3G} Wasserstoff, Halogen, C_1-C_{10} -Alkyl, C_6-C_{15} -Aryl, Alkylaryl, Arylalkyl oder Alkoxy mit jeweils 1 bis 20 C-Atomen im Alkylrest und 6 bis 20 C-Atomen im Arylrest, oder Alkoxy mit C_1-C_{10} -Alkyl oder C_6-C_{15} -Aryl,

r^G eine ganze Zahl von 1 bis 3

35 und

s^G und t^G ganze Zahlen von 0 bis 2 bedeuten, wobei die Summe $r^G + s^G + t^G$ der Wertigkeit von M^G entspricht,

40

enthalten, wobei die Komponente E) nicht identisch mit der Komponente C) ist. Es können auch Mischungen verschiedener Metallverbindungen der Formel (XX) eingesetzt werden.

Von den Metallverbindungen der allgemeinen Formel (XX) sind diejenigen bevorzugt, in denen

5 M^G Lithium, Magnesium, Bor oder Aluminium bedeutet und

R^{1G} für C_1-C_{20} -Alkyl stehen.

Besonders bevorzugte Metallverbindungen der Formel (XX) sind Methyllithium, Ethyllithium, n-Butyllithium, Methylmagnesiumchlorid, Methylmagnesiumbromid, Ethylmagnesiumchlorid, Ethylmagnesiumbromid, Butylmagnesiumchlorid, Dimethylmagnesium, Diethylmagnesium, Dibutylmagnesium, n-Butyl-n-octylmagnesium, n-Butyl-n-heptylmagnesium, insbesondere n-Butyl-n-octylmagnesium, Tri-n-hexylaluminium, Tri-iso-butylaluminium, Tri-n-butylaluminium, Triethylaluminium, Dimethylaluminiumchlorid, Dimethylaluminiumfluorid, Methylaluminiumdichlorid, Methylaluminiumsesquichlorid, Diethylaluminiumchlorid und Trimethylaluminium und Mischungen davon. Auch die partiellen Hydrolyseprodukte von Aluminiumalkylen mit Alkoholen können eingesetzt werden.

Wenn eine Metallverbindung E) eingesetzt wird, ist sie bevorzugt in einer solchen Menge

20 im Katalysatorsystem enthalten, daß das molare Verhältnis von M^G aus Formel (XX) zu Übergangsmetall aus Monocyclopentadienylverbindung A) von 2000:1 bis 0,1:1, bevorzugt von 800:1 bis 0,2:1 und besonders bevorzugt von 100:1 bis 1:1 beträgt.

In der Regel wird der Katalysatorfeststoff zusammen mit weiterer Metallverbindung E) der allgemeinen Formel (XX), wobei diese sich von der oder den bei der Herstellung des Katalysatorfeststoffs verwendeten Metallverbindungen E) unterscheiden kann, als Bestandteil eines Katalysatorsystems zur Polymerisation oder Copolymerisation von Olefinen eingesetzt. Es ist auch möglich, insbesondere dann, wenn der Katalysatorfeststoff keine aktivierende Komponente C) enthält, daß das Katalysatorsystem zusätzlich zum Katalysatorfeststoff eine oder mehrere aktivierende Verbindungen C) enthält, die gleich oder verschieden von eventuell im Katalysatorfeststoff enthaltenen, aktivierenden Verbindungen C) sind.

Bevorzugt wird zur Herstellung der erfindungsgemäßen Katalysatorsysteme mindestens eine der Komponenten A) und/oder C) auf dem Träger B) durch Physisorption oder auch durch eine chemische Reaktion, das bedeutet eine kovalente Anbindung der Komponenten, mit reaktiven Gruppen der Trägeroberfläche fixiert. Die Reihenfolge der Zusammengabe von Trägerkomponente B), Komponente A) und gegebenenfalls Komponente C) ist beliebig. Die Komponenten A) und C) können unabhängig voneinander oder auch gleichzeitig oder vorvermischt zu B) zugegeben werden. Nach den einzelnen Verfahrensschritten kann der Feststoff mit geeigneten inerten Lösungsmitteln wie aliphatischen oder aromatischen Kohlenwasserstoffen gewaschen werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird der Monocyclopentadienylkomplex A) in einem geeigneten Lösungsmittel mit der aktivierenden Verbindung C) in Kontakt gebracht, wobei üblicherweise ein lösliches Reaktionsprodukt, ein Addukt oder ein Gemisch erhalten wird. Die so erhaltene
5 Zubereitung wird dann mit dem gegebenenfalls vorbehandelten Träger B) in Kontakt gebracht, und das Lösungsmittel vollständig oder teilweise entfernt. Bevorzugt erhält man dann einen Feststoff in Form eines frei fließenden Pulvers. Beispiele für die technische Realisierung des obigen Verfahrens sind in WO 96/00243, WO 98/40419 oder WO 00/05277 beschrieben. Einer weitere bevorzugte Ausführungsform ist, zunächst die kationenbildende Verbindung C) auf dem Träger B)
10 zu erzeugen und anschließend diese geträgerte kationenbildende Verbindung mit dem Monocyclopentadienylkomplex A) in Kontakt zu bringen.

Die Komponente D) kann ebenfalls in beliebiger Reihenfolge mit den Komponenten A) und optional B), C) und E) umgesetzt werden. Bevorzugt wird D) zuerst mit Komponente C) in Kontakt
15 gebracht und danach mit den Komponenten A) und B) und eventuell weiterem C) wie weiter oben verfahren. In einer anderen bevorzugten Ausführungsform wird ein Katalysatorfeststoff aus den Komponenten A), B) und C) wie weiter oben beschrieben dargestellt und dieser während, zu Beginn oder kurz vor der Polymerisation mit der Komponente E) in Kontakt gebracht. Bevorzugt wird E) zuerst mit dem zu polymerisierenden α -Olefin in Kontakt gebracht und anschliessend der Katalysatorfeststoff aus den Komponenten A), B) und C) wie weiter oben beschrieben, zugegeben.
20

Der Monocyclopentadienylkomplex A) kann dabei entweder vor oder nach Kontaktierung mit den zu polymerisierenden Olefinen mit der oder den Komponenten C) und/oder D) in Kontakt gebracht werden. Auch eine Voraktivierung mit ein oder mehreren Komponenten C) vor der Durch-
25 mischung mit dem Olefin und weitere Zugabe der gleichen oder anderer Komponenten C) und/oder D) nach Kontaktierung dieses Gemisches mit dem Olefin ist möglich. Eine Voraktivierung erfolgt in der Regel bei Temperaturen zwischen 10-100°C, bevorzugt zwischen 20-80°C.

Es ist weiterhin möglich, das Katalysatorsystem zunächst mit α -Olefinen, bevorzugt linearen C₂-C₁₀-1-Alkenen und insbesondere mit Ethylen oder Propylen vorzupolymerisieren und dann den resultierenden vorpolymerisierten Katalysatorfeststoff bei der eigentlichen Polymerisation zu verwenden. Üblicherweise liegt das Massenverhältnis von bei der Vorpolymerisation eingesetztem Katalysatorfeststoff zu hinzupolymerisiertem Monomer im Bereich von 1:0,1 bis 1:1000, bevorzugt 1:1 bis 1:200.
30

Weiterhin kann als Additiv während oder nach der Herstellung des Katalysatorsystems eine geringe Menge eines Olefins, bevorzugt eines α -Olefins, beispielsweise Vinylcyclohexan, Styrol oder Phenyltrimethylvinylsilan, als modifizierende Komponente, ein Antistatikum oder eine geeignete inerte Verbindung wie eine Wachs oder Öl zugesetzt werden. Das molare Verhältnis von
40 Additiven zu Übergangsmetallverbindung B) beträgt dabei üblicherweise von 1:1000 bis 1000:1,

bevorzugt von 1:5 bis 20:1.

Die erfindungsgemäßen Katalysatorsysteme eignen sich zur Polymerisation von Olefinen und vor allem zur Polymerisation von α -Olefinen, d.h. Kohlenwasserstoffen mit endständigen Doppelbindungen. Geeignete Monomere können funktionalisierte olefinisch ungesättigte Verbindungen wie Acrolein, Ester- oder Amidderivate der Acryl- oder Methacrylsäure, beispielsweise Acrylate, Methacrylate oder Acrylnitril oder Vinylester, beispielsweise Vinylacetat sein. Bevorzugt sind unpolare olefinische Verbindungen, worunter auch arylsubstituierte α -Olefine fallen. Besonders bevorzugte α -Olefine sind lineare oder verzweigte C_2 - C_{12} -1-Alkene, insbesondere lineare C_2 - C_{10} -1-Alkene wie Ethen, Propen, 1-Buten, 1-Penten, 1-Hexen, 1-Hepten, 1-Octen, 1-Decen oder verzweigte C_2 - C_{10} -1-Alkene wie 4-Methyl-1-penten, konjugierte und nicht konjugierte Diene wie 1,3-Butadien, 1,5-Hexadien, oder 1,7-Octadien oder vinylaromatische Verbindungen wie Styrol oder substituiertes Styrol. Es können auch Gemische aus verschiedenen α -Olefinen polymerisiert werden. Bevorzugt wird mindestens ein Olefin ausgewählt aus der Gruppe Ethen, Propen, 1-Buten, 1-Penten, 1-Hexen, 1-Hepten, 1-Octen und 1-Decen polymerisiert.

Geeignete Olefine sind auch solche, bei denen die Doppelbindung Teil einer cyclischen Struktur ist, die ein oder mehrere Ringsysteme aufweisen kann. Beispiele hierfür sind Cyclopenten, Cyclohexen, Norbornen, Tetracyclododecen oder Methylnorbornen oder Diene wie 5-Ethyliden-2-norbornen, Norbornadien oder Ethylnorbornadien.

Es können auch Gemische aus zwei oder mehreren Olefinen polymerisiert werden. Im Gegensatz zu einigen bekannten Eisen- und Cobaltkomplexen zeigen die erfindungsgemäßen Monocyclopentadienylkomplexe eine gute Polymerisationsaktivität auch mit höheren α -Olefinen, so daß ihre Eignung zur Copolymerisation besonders hervorzuheben ist. Insbesondere lassen sich die erfindungsgemäßen Monocyclopentadienylkomplexe zur Polymerisation oder Copolymerisation von Ethen oder Propen einsetzen. Als Comonomere bei der Ethenpolymerisation werden bevorzugt C_3 - C_8 - α -Olefine oder Norbornen, insbesondere 1-Buten, 1-Penten, 1-Hexen und/oder 1-Octen verwendet. Bevorzugt werden Monomermischungen mit mindestens 50 mol-% Ethen verwendet. Bevorzugte Comonomere bei der Propylenpolymerisation sind Ethen und/oder Buten.

Die Polymerisation kann in bekannter Weise in Masse, in Suspension, in der Gasphase oder in einem überkritischen Medium in den üblichen, für die Polymerisation von Olefinen verwendeten Reaktoren durchgeführt werden. Sie kann diskontinuierlich oder bevorzugt kontinuierlich in einer oder mehreren Stufen erfolgen. Es kommen Hochdruck-Polymerisationsverfahren in Rohrreaktoren oder Autoklaven, Lösungsverfahren, Suspensionsverfahren, gerührte Gasphasenverfahren oder Gasphasenwirbelschichtverfahren in Betracht.

Die Polymerisationen werden üblicherweise bei Temperaturen im Bereich von -60 bis 350°C und unter Drücken von 0,5 bis 4000 bar bei mittleren Verweilzeiten von 0,5 bis 5 Stunden, bevorzugt

von 0,5 bis 3 Stunden durchgeführt. Die vorteilhaften Druck- und Temperaturbereiche zur Durchführung der Polymerisationen hängen üblicherweise von der Polymerisationsmethode ab. Bei den Hochdruck-Polymerisationsverfahren, die üblicherweise bei Drücken zwischen 1000 und 4000 bar, insbesondere zwischen 2000 und 3500 bar, durchgeführt werden, werden in der Regel auch hohe Polymerisationstemperaturen eingestellt. Vorteilhafte Temperaturbereiche für diese Hochdruck-Polymerisationsverfahren liegen zwischen 200 und 320°C, insbesondere zwischen 220 und 290°C. Bei Niederdruck-Polymerisationsverfahren wird in der Regel eine Temperatur eingestellt, die mindestens einige Grad unter der Erweichungstemperatur des Polymerisates liegt. Insbesondere werden in diesen Polymerisationsverfahren Temperaturen zwischen 50 und 180°C, vorzugsweise zwischen 70 und 120°C, eingestellt. Bei den Suspensionspolymerisationen wird üblicherweise in einem Suspensionsmittel, vorzugsweise in einem inerten Kohlenwasserstoff, wie beispielsweise iso-Butan, oder Gemischen von Kohlenwasserstoffen oder aber in den Monomeren selbst polymerisiert. Die Polymerisationstemperaturen liegen i.a. im Bereich von -20 bis 115°C, der Druck i.a. im Bereich von 1 bis 100 bar. Der Feststoffgehalt der Suspension liegt i.a. im Bereich von 10 bis 80 %. Es kann sowohl diskontinuierlich, z.B. in Rührautoklaven, als auch kontinuierlich, z.B. in Rohrreaktoren, bevorzugt in Schleifenreaktoren, gearbeitet werden. Insbesondere kann nach dem Phillips-PF-Verfahren, wie in der US-A 3 242 150 und US-A 3 248 179 beschrieben, gearbeitet werden. Die Gasphasenpolymerisation wird i.a. im Bereich von 30 bis 125°C durchgeführt.

Von den genannten Polymerisationsverfahren ist die Gasphasenpolymerisation, insbesondere in Gasphasenwirbelschicht-Reaktoren, die Lösungspolymerisation, sowie die Suspensionspolymerisation, insbesondere in Schleifen- und Rührkesselreaktoren, besonders bevorzugt. Die Gasphasenpolymerisation kann auch in der sogenannten condensed oder supercondensed Fahrweise durchgeführt werden, bei dem ein Teil des Kreisgases unter den Taupunkt gekühlt und als Zwei-Phasen-Gemisch in den Reaktor zurückgeführt wird. Des weiteren kann ein sogenannter Multizonenreaktor eingesetzt werden, worin zwei Polymerisationszonen miteinander verknüpft sind und das Polymer abwechselnd, mehrfach durch diese zwei Zonen geleitet wird, wobei die beiden Zonen auch unterschiedliche Polymerisationsbedingungen besitzen können. Eine derartige Reaktor ist beispielsweise in der WO 97/04015 beschrieben. Die verschiedenen oder auch gleichen Polymerisationsverfahren können auch wahlweise miteinander in Serie geschaltet sein und so eine Polymerisationskaskade bilden, wie beispielsweise im Hostalen Verfahren. Auch eine parallele Reaktorführung zwei oder mehrerer gleicher oder verschiedener Verfahren ist möglich. Weiterhin können bei den Polymerisationen auch Molmassenregler, beispielsweise Wasserstoff, oder übliche Zuschlagstoffe wie Antistatika mitverwendet werden.

Die erfindungsgemässen Monocyclopentadienylkomplexe und die sie enthaltenden Katalysatorsysteme können auch mittels kombinatorischer Methoden dargestellt oder mit Hilfe dieser kombinatorischen Methoden auf ihre Polymerisationsaktivität getestet werden.

Durch das erfindungsgemäßen Verfahren lassen sich Polymerisate von Olefinen darstellen. Der Begriff Polymerisation, wie er zur Beschreibung der Erfindung hier verwendet wird, umfaßt sowohl Polymerisation als auch Oligomerisation, d.h. Oligomere und Polymere mit Molmassen M_w im Bereich von etwa 56 bis 3000000 können durch diese Verfahren erzeugt werden.

5

Auf Grund ihrer guten mechanischen Eigenschaften eignen sich die mit dem erfindungsgemäßen Katalysatorsystem hergestellten Polymerisate von Olefinen vor allem für die Herstellung von Folien, Fasern und Formkörpern.

- 10 Die erfindungsgemäßen Katalysatorsysteme zeichnen sich dadurch aus, daß sie eine sehr hohe Produktivität bei der Polymerisation von Olefinen aufweisen, Vorteile bei der Aufarbeitung der Polymerisate nach der Polymerisation bieten, und zu deutlich weniger Problemen im Hinblick auf Katalysatorrückstände im Polymerisat führen. Die mit dem erfindungsgemäßen Katalysatorsystem hergestellten Polymerisate eignen sich bevorzugt für solche Anwendungen, die eine hohe Produktreinheit erfordern.
- 15 Die erfindungsgemäßen Katalysatorsysteme zeigen ausserdem auch bei relativ niedrigem molaren Verhältnis von Alumoxan zu Organoübergangsmetall eine sehr gute Aktivität.

Beispiele

- 20 Der Comonergehalt des Polymeren (Gew.-% Hexen im Polymer), dessen Methylseitenkettengehalt pro 1000 C-Atome der Polymerkette ($\text{CH}_3/1000$) und dessen Dichte wurde durch IR Spektroskopie bestimmt.

- 25 Der η Wert wurde mit einem automatischen Ubbelohde Viskometer (Lauda PVS 1) mit Dekalin als Lösungsmittel bei 130 °C bestimmt (ISO1628 bei 130°C, 0,001 g/ml Decalin).

- Die Bestimmung der Molmassenverteilungen und der daraus abgeleiteten Mittelwerte M_n , M_w , und M_w/M_n erfolgte mittels Hochtemperatur-Gelpermeations-chromatographie in Anlehnung an DIN 55672 unter folgende Bedingungen: Lösungsmittel: 1,2,4-Trichlorbenzol, Fluß: 1ml/min,
- 30 Temperatur: 140°C, Kalibrierung mit PE Standards.

Die Schüttdichte wurde nach DIN 53466 bestimmt.

Beispiel 1

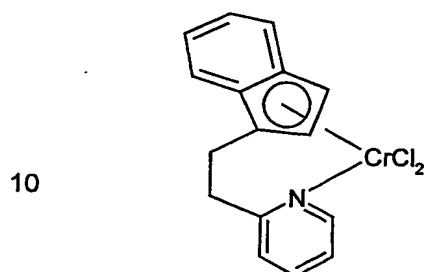
- 35 1.1. Darstellung von 2-[2-(1H-Inden-3-yl)ethyl]pyridin (entsprechend H. Dressler and R.J. Kurland, J.Org.Chem. 29 1 S. 175-178)

- Zu einer Mischung von 56 ml (0,48 mol) Inden in 40 ml Toluol und 4 g (0,036 mol) festes Kaliumtert-Butanolat wurden 43 g (0,47 mol) 2-Vinylpyridin bei 60 bis 90°C über einen Zeitraum von 40 min zugegeben. Danach wurde weitere 2 h bei 115°C gerührt, die Mischung auf Raumtemperatur abgekühlt und anschliessend mit 2 ml Eisessig neutralisiert. Unlösliche Bestandteile wurden abfil-
- 40

triert und das Filtrat am Vakuum destilliert. Man erhielt 42 g 2-[2-(1H-Inden-3-yl)ethyl]pyridin (40%, b.p. 161-163° bei 2 mm).

NMR 1H (CDCl₃): 8.62 (d, 1H); 7.64 (td, 1H); 7.55 (d, 1H); 7.51 (d, 1H); 7.39 (t, 1H); 7.29 (t, 1H); 7.23 (d, 1H); 7.19 (dd, 1H); 6.32 (m, 1H); 3.40 (m, 2H); 3.28 (m, 2H); 3.12 (m, 2H).

5 1.2. Darstellung von (3-(2-Pyridylethyl)indenyl)chromdichlorid



Eine Lösung von 22,1 g (0,1 mol) 2-[2-(1H-Inden-3-yl)ethyl]pyridin in 470 ml Tetrahydrofuran wurde auf -100°C gekühlt. Dazu wurden langsam 62,5 ml einer 15%igen n-Butyllithium-Lösung in Hexan (0,1 mol) zugetropft. Nach beendeter Zugabe wurde das Reaktionsgemisch weitere 50 min bei -100°C gerührt. Man liess die Mischung anschliessend auf Raumtemperatur erwärmen. Nach weiteren 2 Stunden Rühren wurde die Lösung auf -60°C gekühlt und 38 g (0,1 mol) Chromtrichloridtris(tetrahydrofuran) unter Rühren zugegeben. Man liess langsam auf Raumtemperatur erwärmen und rührte anschliessend noch weitere 10 h bei Raumtemperatur. Danach wurde das Reaktionsgemisch 20 min unter Rückfluss gesiedet und anschliessend auf Raumtemperatur gekühlt. Der ausgefallene Feststoff wurde abfiltriert und mit heissem Tetrahydrofuran gewaschen. Der Feststoff wurde anschliessend mit Diethylether gewaschen und im Vakuum getrocknet. Dies ergab 28,1 g (3-(2-Pyridylethyl)indenyl)chromdichlorid (82%).

25 Beispiel 2

a) Trägervorbehandlung 100 g Puralox MG 61 (calciniertes Hydrotalcit) der Fa. Condea Chemie GmbH (jetzt Sasol Chemie) wurden 6 h bei 180°C ausgeheizt.

30 b) Trägerung 148,9 mg des Komplexes aus Beispiel 1 (82,1 mmol) wurden mit 11,42 ml einer 4,75 M Lösung von MAO in Toluol der Firma Albemarle versetzt und 15 min gerührt. Die entstandene Lösung wurde innerhalb von 10 min zu 6,2 g des vorbehandelten calcinierten Hydrotalcites gegeben und 60 min nachgerührt. Danach wurde der Katalysator bei Raumtemperatur bei 10⁻³ mbar getrocknet. Es wurde ein hellgrünes Pulver erhalten.

35 Beispiel 3

Polymerisation

Die Polymerisationsversuche wurden in einem mit Kontaktthermometer, Rührer mit Teflonblatt, Heizpilz und Gaseinleitungsrohr versehenen 1l-Vierhalskolben durchgeführt. Unter Argon wurden 15,5 µmol (3-(2-Pyridylethyl)indenyl)chromdichlorid in 250 ml Toluol bei 40°C vorgelegt. Zur Aktivierung wurden 7,77 mmol 1,6 M MAO Lösung in Toluol zugegeben.

40

Es wurden vor der Ethylenzugabe 3 ml Hexen vorgelegt und anschließend ca. 40 l/h Ethylen bei Atmosphärendruck für 20 min durchgeleitet. Die Restmenge an Hexen (weitere 8 ml) wurde innerhalb von 10 min über einer Tropftrichter zudosiert.

5

Die Reaktion wurde durch Zugabe eines Gemisches aus 15 ml konzentrierter Salzsäure und 50 ml Methanol abgestoppt und 15 min nachgerührt. Nach Zugabe von weiteren 250 ml Methanol und 15 min rühren, wurde abfiltriert, dreimal mit Methanol gewaschen und bei 70°C getrocknet. Es wurden 8,9 g Ethylen-Hexen-Copolymer (Aktivität des Katalysators 1735 g/(mmol Cr · h)) mit einem Mw von 397972 g/mol, Mw/Mn von 3,34 einem Hexen-Gehalt von 6,2 % und einer Dichte von 0,9053 g/cm³ erhalten.

10

Beispiel 4

Polymerisation

15 In einen 1l-Autoklaven, der mit Argon inertisiert worden war, wurden 400 ml Isobutan und 2 ml einer Triisobutylaluminium-Lösung in Heptan (entsprechend 60 mg Triisobutylaluminium) gegeben und schließlich 149 mg des in Beispiel 2 b) erhaltenen Katalysatorfeststoffs zudosiert. Es wurde 60 min bei 40 bar Ethylendruck und 70°C polymerisiert. Die Polymerisation wurde durch Ablassen des Drucks abgebrochen und das Produkt durch das Bodenventil ausgetragen. Es wurden 157 g Polyethylen mit einer Dichte von 0,9228 g/cm³, einer Schüttdichte von 412 kg/m³ und einem η -Wert von 32,28 dl/g erhalten.

20

Produktivität: 1050 g PE/g Katalysatorfeststoff

25

30

35

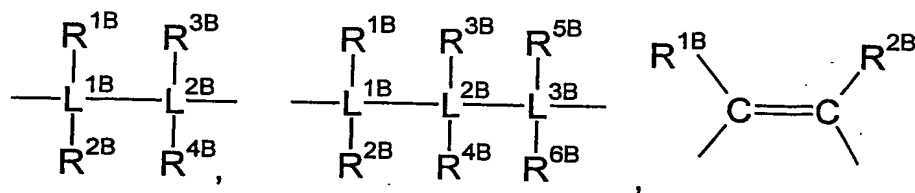
40

Patentansprüche

1. Monocyclopentadienylkomplexe, die folgendes Strukturmerkmal der allgemeinen Formel $(Cp)(-Z-A)_mM$ (I) enthalten, worin die Variablen folgende Bedeutung haben:

Cp ein Cyclopentadienyl-System

Z eine Brücke zwischen A und Cp ist, ausgewählt aus der folgenden Gruppe



wobei

$L^{1B}-L^{3B}$ unabhängig voneinander Kohlenstoff oder Silizium bedeutet,

$R^{1B}-R^{6B}$ unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest oder SiR^{7B}_3 bedeutet, wobei die organischen Reste $R^{1B}-R^{6B}$ auch durch Halogene substituiert sein können und je zwei geminale oder vicinale Reste $R^{1B}-R^{6B}$ oder ein Rest $R^{1B}-R^{6B}$ und A auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können und

R^{7B} unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl oder Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest bedeutet und je zwei Reste R^{7B} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können,

A ein unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes, heteroaromatisches Ringsystem,

M ein Metall ausgewählt aus der Gruppe Titan in der Oxidationsstufe 3, Vanadium, Chrom, Molybdän und Wolfram und

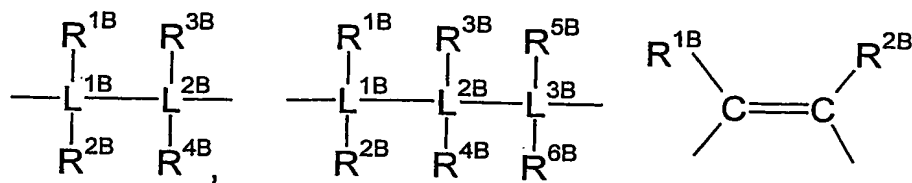
m 1, 2 oder 3 ist.

2. Monocyclopentadienylkomplexe nach Anspruch 1, der allgemeinen Formel $(Cp)(-Z-A)_mMX_k$ (V), worin die Variablen folgende Bedeutung haben:

Cp ein Cyclopentadienyl-System

Z eine Brücke zwischen A und Cp ist, ausgewählt aus der folgenden Gruppe

5



10

wobei

$L^{1B}-L^{3B}$ unabhängig voneinander Kohlenstoff oder Silizium bedeutet,

15

$R^{1B}-R^{6B}$ unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest oder SiR^{7B}_3 bedeutet, wobei die organischen Reste $R^{1B}-R^{6B}$ auch durch Halogene substituiert sein können und je zwei geminale oder vicinale Reste $R^{1B}-R^{6B}$ auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können und

20

R^{7B} unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl oder Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest bedeutet und je zwei Reste R^{7B} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können,

25

A ein unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes, heteroaromatisches Ringsystem,

M ein Metall ausgewählt aus der Gruppe Titan in der Oxidationsstufe 3, Chrom, Molybdän und Wolfram,

30

m 1, 2 oder 3,

X unabhängig voneinander Fluor, Chlor, Brom, Jod, Wasserstoff, C_1-C_{10} -Alkyl, C_2-C_{10} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1-10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest, NR^1R^2 , OR^1 , SR^1 , SO_3R^1 , $OC(O)R^1$, CN, SCN, β -Diketonat, CO, BF_4^- , PF_6^- , oder sperrige nichtkoordinierende Anionen,

35

R^1-R^2 unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest, SiR^3_3 , wobei die organischen Reste R^1-R^2 auch durch Halogene substituiert sein

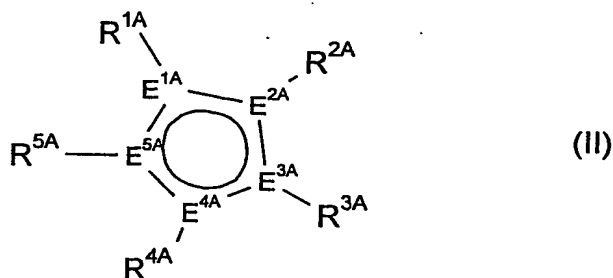
40

können und je zwei Reste R^1 - R^2 auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können,

R^3 unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1 - C_{20} -Alkyl, C_2 - C_{20} -Alkenyl, C_6 - C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest und je zwei Reste R^3 auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können und

k 1, 2, oder 3 ist.

3. Monocyclopentadienylkomplexe nach den Ansprüchen 1 oder 2, worin das Cyclopentadienylsystem Cp die Formel (II) hat:



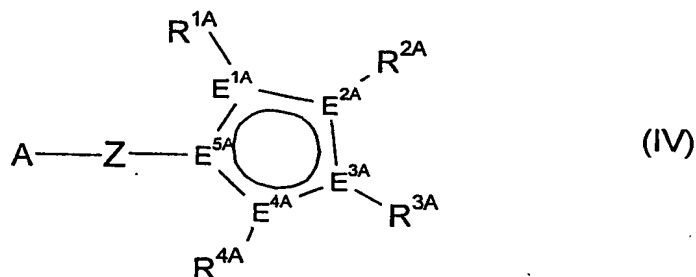
worin die Variablen folgende Bedeutung besitzen:

E^{1A} - E^{5A} Kohlenstoff oder maximal ein E^{1A} bis E^{5A} Phosphor,

R^{1A} - R^{5A} unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1 - C_{20} -Alkyl, C_2 - C_{20} -Alkenyl, C_6 - C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest, NR^{6A}_2 , $N(SiR^{6A}_3)_2$, OR^{6A} , $OSiR^{6A}_3$, SiR^{6A}_3 , BR^{6A}_2 , wobei die organischen Reste R^{1A} - R^{5A} auch durch Halogene substituiert sein können und je zwei vicinale Reste R^{1A} - R^{5A} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können, und/oder dass zwei vicinale Reste R^{1A} - R^{5A} zu einem Heterocyclus verbunden sind, welcher mindestens ein Atom aus der Gruppe N, P, O oder S enthält, wobei 1, 2 oder 3, bevorzugt 1 Substituent R^{1A} - R^{5A} eine Gruppe -Z-A ist und

R^{6A} unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1 - C_{20} -Alkyl, C_2 - C_{20} -Alkenyl, C_6 - C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest und je zwei geminale Reste R^{6A} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können.

4. Monocyclopentadienylkomplexe nach den Ansprüchen 1 bis 3, worin das Cyclopentadienylsystem Cp zusammen mit -Z-A- die Formel (IV) hat:



worin die Variablen folgende Bedeutung besitzen:

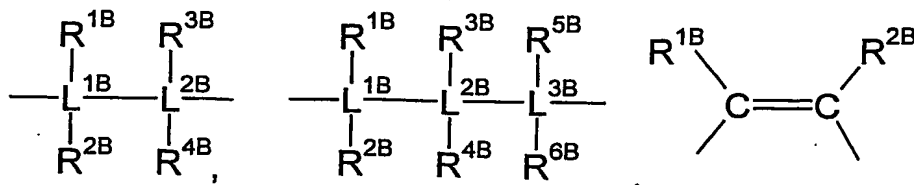
$E^{1A}-E^{5A}$ Kohlenstoff oder maximal ein E^{1A} bis E^{5A} Phosphor,

15 $R^{1A}-R^{5A}$ unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest, NR^{6A}_2 , $N(SiR^{6A}_3)_2$, OR^{6A} , $OSiR^{6A}_3$, SiR^{6A}_3 , wobei die organischen Reste $R^{1A}-R^{5A}$ auch durch Halogene substituiert sein können und je zwei vicinale Reste $R^{1A}-R^{5A}$ auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können, und/oder dass zwei vicinale Reste $R^{1A}-R^{5A}$ zu einem Heterocyclus verbunden sind, welcher mindestens ein Atom aus der Gruppe N, P, O oder S enthält

25 R^{6A} unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest und je zwei geminale Reste R^{6A} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können.

30 A ein unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes, heteroaromatisches Ringsystem,

35 Z eine Brücke zwischen A und Cp ist, ausgewählt aus der folgenden Gruppe



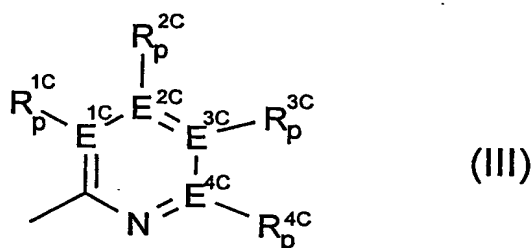
wobei

$L^{1B}-L^{3B}$ unabhängig voneinander Kohlenstoff oder Silizium bedeutet,

$R^{1B}-R^{6B}$ unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest oder SiR^{7B}_3 bedeutet, wobei die organischen Reste $R^{1B}-R^{6B}$ auch durch Halogene substituiert sein können und je zwei geminale oder vicinale Reste $R^{1B}-R^{6B}$ auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können und

R^{7B} unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl oder Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest bedeutet und je zwei Reste R^{7B} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können.

5. Monocyclopentadienylkomplexe nach den Ansprüchen 1 bis 4, worin A die Formel (III) hat:



, worin die Variablen folgende Bedeutung haben:

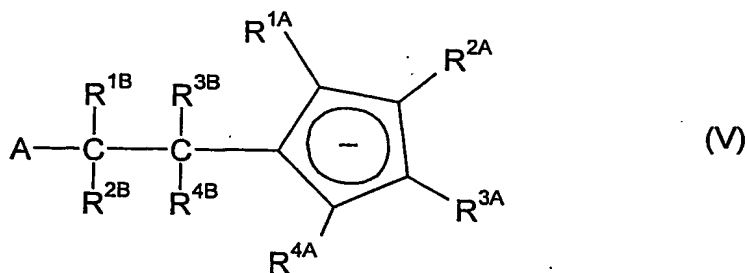
$E^{1C}-E^{4C}$ Kohlenstoff oder Stickstoff,

$R^{1C}-R^{4C}$ unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest oder SiR^{5C}_3 bedeutet, wobei die organischen Reste $R^{1C}-R^{4C}$ auch durch Halogene oder Stickstoff und weitere C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest oder SiR^{5C}_3 substituiert sein können und je zwei vicinale Reste $R^{1C}-R^{4C}$ oder R^{1C} und Z auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können,

R^{5C} unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl oder Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest bedeutet und je zwei Reste R^{5C} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können und

p 0 für $E^{1C}-E^{4C}$ gleich Stickstoff und 1 für $E^{1C}-E^{4C}$ gleich Kohlenstoff ist.

6. Monocyclopentadienylkomplexe nach den Ansprüchen 1 bis 5, worin Z ausgewählt ist aus der Gruppe $-C(R^{1B}R^{2B})-Si(R^{3B}R^{4B})-$ oder 1,2-Phenylen.
7. Katalysatorsystem zur Olefinpolymerisation, enthaltend
- mindestens einen Monocyclopentadienylkomplex gemäss den Ansprüchen 1 bis 6,
 - optional einen organischen oder anorganischen Träger,
 - optional eine oder mehrere aktivierende Verbindungen,
 - optional weitere zur Olefinpolymerisation geeignete Katalysatoren und
 - optional eine oder mehrere Metallverbindungen der Gruppe 1, 2 oder 13 des Periodensystems.
8. Vorpolymerisiertes Katalysatorsystem, enthaltend ein Katalysatorsystem nach Anspruch 7 und hinzupolymerisiert ein oder mehrere lineare C_2-C_{10} -1-Alkene im Massenverhältnis von 1:0,1 bis 1:1000 bezogen auf das Katalysatorsystem.
9. Verwendung eines Katalysatorsystems nach den Ansprüchen 7 oder 8 zur Polymerisation oder Copolymerisation von Olefinen.
10. Verfahren zur Herstellung von Polyolefinen durch Polymerisation oder Copolymerisation von Olefinen in Gegenwart eines Katalysatorsystems nach den Ansprüchen 7 oder 8.
11. Verfahren zur Darstellung von Cyclopentadienylsystem-Anionen der Formel (V):



worin die Variablen folgende Bedeutung haben:

$R^{1A}-R^{5A}$ unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest, NR^{6A}_2 , $N(SiR^{6A}_3)_2$, OR^{6A} , $OSiR^{6A}_3$, SiR^{6A}_3 , wobei die organischen Reste

R^{1A} - R^{5A} auch durch Halogene substituiert sein können und je zwei vicinale Reste R^{1A} - R^{5A} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können, und/oder dass zwei vicinale Reste R^{1A} - R^{5A} zu einem Heterocyclus verbunden sind, welcher mindestens ein Atom aus der Gruppe N, P, O oder S enthält

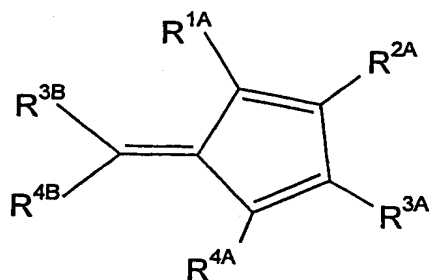
R^{6A} unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1 - C_{20} -Alkyl, C_2 - C_{20} -Alkenyl, C_6 - C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest und je zwei geminale Reste R^{6A} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können.

A ein unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes, heteroaromatisches Ringsystem,

R^{1B} - R^{4B} unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1 - C_{20} -Alkyl, C_2 - C_{20} -Alkenyl, C_6 - C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest oder SiR^{7B}_3 bedeutet, wobei die organischen Reste R^{1B} - R^{4B} auch durch Halogene substituiert sein können und je zwei geminale oder vicinale Reste R^{1B} - R^{4B} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können und

R^{7B} unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1 - C_{20} -Alkyl, C_2 - C_{20} -Alkenyl, C_6 - C_{20} -Aryl oder Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest bedeutet und je zwei Reste R^{7B} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können,

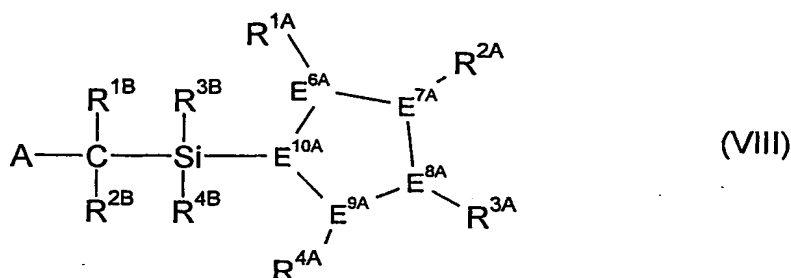
dadurch gekennzeichnet, dass ein $A-CR^{1B}R^{2B}$ -Anion mit einem Fulven der Formel (VI)



(VI)

umgesetzt wird.

12. Verfahren zur Darstellung von Cyclopentadienylsystemen der Formel (VIII):



10 worin die Variablen folgende Bedeutung haben:

$E^{6A}-E^{10A}$ Kohlenstoff oder maximal ein E^{6A} bis E^{10A} Phosphor, wobei jeweils vier benachbarte $E^{1A}-E^{5A}$ ein konjugiertes Diensystem bilden und das verbleibende $E^{6A}-E^{10A}$ zusätzlich ein Wasserstoffatom trägt,

15 $R^{1A}-R^{5A}$ unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest, NR^{6A}_2 , $N(SiR^{6A}_3)_2$, OR^{6A} , $OSiR^{6A}_3$, SiR^{6A}_3 , wobei die organischen Reste $R^{1A}-R^{5A}$ auch durch Halogene substituiert sein können und je zwei vicinale Reste $R^{1A}-R^{5A}$ auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können, und/oder dass zwei vicinale Reste $R^{1A}-R^{5A}$ zu einem Heterocyclus verbunden sind, welcher mindestens ein Atom aus der Gruppe N, P, O oder S enthält,

25 R^{6A} unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest und je zwei geminale Reste R^{6A} auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können,

30 A ein unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes, heteroaromatisches Ringsystem,

35 $R^{1B}-R^{4B}$ unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl, Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im Arylrest oder SiR^{7B}_3 bedeutet, wobei die organischen Reste $R^{1B}-R^{4B}$ auch durch Halogene substituiert sein können und je zwei geminale oder vicinale Reste $R^{1B}-R^{4B}$ auch zu einem fünf- oder sechsgliedrigen Ring verbunden sein können und

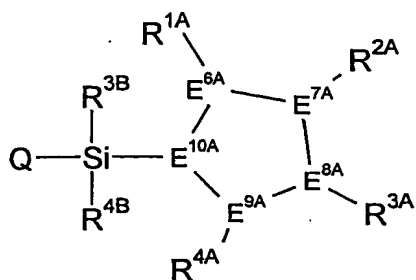
40 R^{7B} unabhängig voneinander Wasserstoff, C_1-C_{20} -Alkyl, C_2-C_{20} -Alkenyl, C_6-C_{20} -Aryl oder Alkylaryl mit 1 bis 10 C-Atomen im Alkylrest und 6-20 C-Atomen im

Arylrest bedeutet und je zwei Reste R^{7B} auch zu einem fünf- oder sechsglied-
rigen Ring verbunden sein können,

dadurch gekennzeichnet dass ein $A-CR^{1B}R^{2B}$ -Anion mit einem Cyclopentadienylsystem der
Formel (IX)

5

10



(IX)

15

umgesetzt wird, worin die Variablen die obige Bedeutung haben und

Q für eine Abgangsgruppe steht.

20

25

30

35

40

Monocyclopentadienylkomplexe

Zusammenfassung

5

Monocyclopentadienylkomplexe in welchen das Cyclopentadienyl-System mindestens ein über eine spezifische Brücke gebundenes unsubstituiertes, substituiertes oder kondensiertes, heteroaromatisches Ringsystem trägt, ein Katalysatorsystem enthaltend mindestens einen der Monocyclopentadienylkomplexe, die Verwendung des Katalysatorsystems zur Polymerisation oder Copolymerisation von Olefinen und ein Verfahren zur Herstellung von Polyolefinen durch Polymerisation oder Copolymerisation von Olefinen in Gegenwart des Katalysatorsystems und damit erhältliche Polymere.

10

15

20

25

30

35

40

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.